

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-233758

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-233758 ]

出 願 人

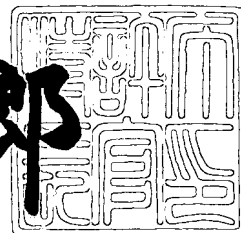
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2003年 6月23日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3049075

【書類名】 特許願

【整理番号】 P006556

【提出日】 平成14年 8月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 瀬尾 哲史

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 寛子

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電界発光素子および前記電界発光素子を用いた発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と、電界発光する有機化合物を含む電界発光膜と、フローティング電極と、電子輸送補助層と、陰極と、を順次積層してなる電界発光素子。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電界発光素子において、前記陰極は、スパッタリング法により形成される導電膜を含むことを特徴とする電界発光素子。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の電界発光素子において、前記陰極は、透光性を有し、なおかつスパッタリング法により形成される導電膜を含むことを特徴とする電界発光素子。

【請求項 4】

陰極と、電子輸送補助層と、フローティング電極と、電界発光する有機化合物を含む電界発光膜と、陽極と、を順次積層してなる電界発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記電子輸送補助層は、ホール移動度よりも電子移動度が大きい電子輸送性材料を有することを特徴とする電界発光素子。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記電界発光膜と前記電子輸送補助層の少なくともいずれか一方に、ホールブロック性材料が含有されていることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記電子輸送補助層にホールブロック性材料が含有されていることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 に記載の電界発光素子において、前記ホールブロック性材料は、イオン化ポテンシャルが 5. 8 e V 以上であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 9】

請求項 6 または請求項 7 に記載の電界発光素子において、前記ホールブロック性材料は、フェナントロリン骨格を含む有機化合物、または 1 3 族元素を中心金属とする 5 配位型の金属錯体であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 1 0】

請求項 7 に記載の電界発光素子において、前記陰極は、仕事関数が 3. 5 e V 以上の導電体からなることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 1 1】

請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記フローティング電極は、仕事関数が 3. 5 e V 以下の導電体からなることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記フローティング電極は、前記電界発光膜に接する側に設けられた絶縁膜と、前記電子輸送補助層に接する側に設けられた導電膜と、からなることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記電子輸送補助層は、1 0 n m 以上 1  $\mu$  m 以下の膜厚であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至請求項 1 3 のいずれか一項に記載の電界発光素子を用いたことを特徴とする発光装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の発光装置を用いたことを特徴とする電気器具。

【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む膜（以下、単に「電界発光膜」と記す）と、を有する電界発光素子（以下、単に「E L素子」と記す）に関する。本発明では特に、歩留まりがよく、信頼性や駆動電圧にも優れたE L素子、およびそれを用いた発光装置に関する。なお、本明細書中における発光装置とは、E L素子を用いた画像表示デバイスも含むものとする。また、E L素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム（F P C : F l e x i b l e P r i n t e d C i r c u i t）もしくはT A B（T a p e A u t o m a t e d B o n d i n g）テープもしくはT C P（T a p e C a r r i e r P a c k a g e）が取り付けられたモジュール、T A BテープやT C Pの先にプリント配線板が設けられたモジュール、またはE L素子にC O G（C h i p O n G l a s s）方式によりI C（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

有機化合物を発光体とするE L素子は、電界を加えて電流を流すことにより発光する素子である。その発光機構は、電極間に電界発光膜を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入されたホールが電界発光膜中で再結合して、励起状態の分子（以下、「分子励起子」と記す）を形成し、その分子励起子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光すると言われている。

## 【 0 0 0 3 】

なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であると考えられるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

## 【 0 0 0 4 】

このようなE L素子において、通常、電界発光膜は1 0 0 n m程度の薄膜で形成される。また、E L素子は、電界発光膜そのものが光を放出する自発光型の素子

であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

【 0 0 0 5 】

また、例えば 1 0 0 n m 程度の電界発光膜において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、キャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

【 0 0 0 6 】

さらに、有機化合物を発光体とする E L 素子はキャリア注入型の素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず電界発光膜の厚みを 1 0 0 n m 程度の均一な超薄膜とし、また、電界発光膜に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはヘテロ構造（二層構造）を導入することによって、5 . 5 V で  $1 0 0 \text{ cd/m}^2$  の十分な輝度が達成された（文献 1 : C . W . T a n g   a n d   S . A . V a n s l y k e , “ O r g a n i c   e l e c t r o l u m i n e s c e n t   d i o d e s ” , A p p l i e d   P h y s i c s   L e t t e r s , V o l . 5 1 , N o . 1 2 , 9 1 3 - 9 1 5 ( 1 9 8 7 ) ）。

【 0 0 0 7 】

このように、有機化合物を発光体とする E L 素子は、薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性を有しており、次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比較的良好であり、特に車載用の表示画面や携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。実際、車載用のカーオーディオの中には、エリアカラーの表示画面に E L 素子が用いられているものもある。

【 0 0 0 8 】

ところで、文献 1 における E L 素子は、ホールの輸送はホール輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、いわば機能分離の発想である。この機能分離の概念はさらに、ホール輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造（三層構造）の構想へと発展した（文献 2 : C h i

haya ADACHI, Shizuo TOKITO, Tetsuo TSU  
TSUI and Shogo SAITO, "Electrolumines  
cence in Organic Films with Three-La  
yered Structure", Japanese Journal of  
Applied Physics, Vol. 27, No. 2, L269-L2  
71 (1988))。

【0009】

こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって一種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャリア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

【0010】

機能分離の中でも、キャリアを注入する機能の導入としては、陽極バッファ層や陰極バッファ層の概念が提案されており、より低い電圧での駆動が可能になっている。例えば、陰極との界面においては、エネルギー障壁を緩和するような材料を挿入し、キャリアの注入性を高めて駆動電圧を低減している報告がある（文献3: Takeo Wakimoto, Yoshinori Fukuda, Kenichi Nagayama, Akira Yokoi, Hitoshi Nakada, and Masami Tsuchida, "Organic EL Cells Using Alkaline Metal Compounds as Electron Injection Materials", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 44, NO. 8, 1245-1248 (1997))。文献3では、陰極バッファ層として $\text{Li}_2\text{O}$ を用いることにより、駆動電圧の低減に成功している。

【0011】

また、バッファ層の中では特に、近年はポリマーを用いたバッファ層（以下、「

ポリマーバッファ層」と記す）が注目されている（文献4：佐藤佳晴、「実用化への課題：材料開発の観点から」、応用物理学会・有機分子・バイオエレクトロニクス分科会会誌、v o l . 1 1、N o . 1、8 6 - 9 9（2 0 0 0））。文献4では、ポリマーの陽極バッファ層を用いることにより、低電圧化・長寿命化・耐熱性向上に効果があると報告されている。

#### 【0 0 1 2】

さらに、ポリマーバッファ層は適当なアクセプタあるいはドナーの導入により導電率が向上するので、通常は1 0 0 n m程度の膜厚でなければ発光できないE L素子も、ポリマーバッファ層の導入によって厚膜化が可能となる点が特徴的である。このことにより、電極上のゴミや突起の影響を緩和して平坦化できると文献4で報告されている。したがって、従来は1 0 0 n m程度の膜厚においては電極上のゴミや突起に起因する短絡の危険があったが、ポリマーバッファ層はその危険性を減少する効果がある。このため、歩留まりの向上が見込まれることも大きなメリットとなっている。

#### 【0 0 1 3】

したがって、上記で述べたポリマーバッファ層は、膜厚を厚くしながらも駆動電圧を低減できるという、E L素子にとってはジレンマとも言えるテーマを同時に解決できる。

#### 【0 0 1 4】

しかしながら、ポリマーバッファ層による厚膜化を狙う場合、溶媒として水を用いる場合が多く、水分の影響を受けやすい有機化合物を用いたE L素子にとっては好ましくない。文献4によれば、材料によっては有機溶媒を用いることも可能であるが、いずれにしても真空一環で作製するプロセスに比べると純度で劣ることになり、E L素子の劣化に影響を及ぼす。

#### 【0 0 1 5】

また、これらの材料をバッファ層としたE L素子を、マトリクス状の各画素として配置することにより形成される表示装置に適用しようとする、クロストークの問題が生じる。すなわち、ポリマーバッファ層は先に述べたとおり導電性を持たせるものがほとんどであるが、これらのポリマーは通常、スピコートなどで



全面に塗布するため、所々、ポリマーと配線との間（あるいは画素と画素との間）で漏れ電流が生じるのである。

【0016】

例えば、アクセプタを添加した導電性ポリマーであるポリエチレンジオキシチオフェン／ポリスチレンスルホン酸（以下、「PEDOT／PSS」と記す）を陽極バッファ層として用いたパッシブマトリクス型の表示装置を作製すると、クロストークが生じると報告されている（文献5：A. Elschner, F. Jonas, S. Kirchmeyer, K. Wussow, “High-Resistivity PEDOT/PSS for Reduced Crosstalk in Passive Matrix OELs”, Asia Display/IDW '01, 1427-1430 (2001)）。文献5では、その解決法として、わざとPEDOT／PSSの抵抗率を高くすることにより、クロストークを防いでいるが、抵抗率を高くしてしまうと、今度はポリマーバッファ層の厚さを厚くすることができなくなってしまう（つまり、EL素子に電流が流れにくくなってしまう）。したがって、厚膜化によって電極表面を平坦化し、短絡を防げるという特徴が失われてしまう。また、抵抗率が高くなれば、自然、駆動電圧も高くなってしまい、低駆動電圧という特徴もなくなる。

【0017】

一方で、有機化合物とアクセプタ（あるいはドナー）とを共蒸着することにより、真空一環で厚膜のEL素子を形成する手法も提案されている（文献6：J. Blochwitz, M. Pfeiffer, T. Fritz, and K. Leo, “Low voltage organic light emitting diodes featuring doped phthalocyanine as hole transport material”, Applied Physics Letters, vol. 73, 729-731 (1998)）。文献6では、ホール輸送性材料であるVOPcとアクセプタであるF4-TCNQとを共蒸着することにより、駆動電圧の低い厚膜のEL素子を達成している。

【0018】

この手法であれば純度的には良好な結果を得られる上に、シャドウマスクによる塗り分けが可能であるためクロストークの問題もない。しかしながら、添加するアクセプタやドナーの化学的安定性に問題があり、素子の寿命に影響を与える。アクセプタやドナーの化学的安定性の問題は、ポリマーバッファ層の場合についても同様である。

#### 【0019】

以上とは全く別の概念で、厚膜化することにより、電流効率をむしろ向上させる新規な素子構造も提案されている（文献7：城戸淳二、遠藤潤、仲田壮志、森浩一、横井啓、松本敏男、「電荷発生層を有する高量子効率有機EL素子」、第49回応用物理学会関係連合講演会 講演予稿集（2002. 3. ）、p. 1308、27p-YL-3）。文献7の手法では、従来のEL素子に比べてより多く電圧を印加しなければならないが、電流効率を高めることができるメリットがある。

#### 【0020】

##### 【発明が解決しようとする課題】

文献7の素子構造を利用すれば、電流効率を理論的にはいくらでも向上させることができるが、電流効率を2倍、3倍とするに従い、駆動電圧も2倍、3倍と上昇してしまう。したがって、照明のような用途としては有効であるが、携帯機器のような低駆動電圧が望まれる用途には好適ではない。

#### 【0021】

以上のことから、従来よりも厚膜化することで歩留まりが良く、なおかつ信頼性および駆動電圧にも優れたEL素子が望まれている。

#### 【0022】

そこで本発明では、従来よりも膜厚の厚いEL素子であって、なおかつアクセプタやドナーの添加を実施することなく低電圧で動作するEL素子を提供することを課題とする。すなわち、歩留まりがよい上に、素子寿命および駆動電圧にも優れたEL素子を提供することを課題とする。また、このようなEL素子を用いることにより、歩留まりが良好で、なおかつ長保ちする発光装置を提供することを課題とする。

## 【0023】

## 【課題を解決するための手段】

本発明者は、鋭意検討を重ねた結果、新規な素子構造を形成することにより、上記課題を解決できる手段を発案した。その基本的な構成を図1および図2に示す。

## 【0024】

図1は、陽極101上に、電界発光できる有機化合物を含む電界発光膜103と、フローティング電極104と、電子輸送補助層105と、陰極102と、を順次積層してなるEL素子である。電界発光膜103は従来の膜厚程度（100nm程度のオーダー）であり、電子輸送補助層105も電界発光膜103と同程度の膜厚でよい。

## 【0025】

このような素子構造とすることにより、従来のEL素子（すなわち、陽極101と陰極102の間に電界発光膜103を挟んだだけの構造）とほぼ同様の駆動電圧で動作するか、あるいはより駆動電圧を下げることも可能となることを本発明者は見出した。このことは、アクセプタやドナーの添加を実施することなく膜厚の厚いEL素子を作製しても、なおかつ低電圧で動作することを意味する。すなわち、歩留まりがよい上に、素子寿命および駆動電圧にも優れたEL素子につながる。

## 【0026】

したがって、本発明のEL素子は、陽極と、電界発光できる有機化合物を含む電界発光膜と、フローティング電極と、電子輸送補助層と、陰極と、を順次積層してなることを特徴とする。

## 【0027】

ところで近年では、陰極をスパッタリングによって成膜する手法が検討されている。しかし、スパッタ時の有機化合物へのダメージ、特に発光領域へのダメージが懸念される（ダメージを防ぐため、CuPcを成膜してからスパッタリングを行う手法が主流である）。しかしながら図1の本発明では、電子輸送補助層105の膜厚を比較的厚くすることができるため、電界発光膜103へのダメージは

ほとんどない。したがって、スパッタリングにより陰極 1 0 2 を形成する場合に、本発明は非常に有効である。

【 0 0 2 8 】

したがって本発明では、図 1 の構造において、陰極がスパッタリング法により形成される導電膜を含むことを特徴とする。また、陰極として透明電極をスパッタリングして陰極側から光を取り出す手法に関しても好適である。したがって本発明では、図 1 の構造において、陰極が透光性を有し、なおかつスパッタリング法により形成される導電膜を含むことを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

さらに、図 1 と同様の構造を逆方向に積層していった構造（図 2）でも、本発明の効果が得られる。すなわち、陰極 2 0 2 上に、電子輸送補助層 2 0 5 と、フローティング電極 2 0 4 と、電界発光膜 2 0 3 と、陽極 2 0 1 と、を順次積層してなる E L 素子である。この場合も、電界発光膜 2 0 3 は従来の膜厚程度（1 0 0 n m 程度のオーダー）であり、電子輸送補助層 2 0 5 も電界発光膜 2 0 3 と同程度の膜厚でよい。

【 0 0 3 0 】

したがって、本発明の E L 素子は、陰極と、電子輸送補助層と、フローティング電極と、電界発光できる有機化合物を含む電界発光膜と、陽極と、を順次積層してなることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であると考えられるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

【 0 0 3 2 】

上述の電子輸送補助層に関しては、概念的に電子のみを通過させる層であるため、ホール移動度よりも電子移動度が大きい電子輸送性材料を有することが好ましい。

【 0 0 3 3 】

また、本発明のより好ましい構成としては、電界発光膜と電子輸送補助層の少な

くともいずれか一方に、ホールブロック性材料が含有されていることである。このような構成とすることにより、従来のEL素子（すなわち、陽極101と陰極102の間に電界発光膜103を挟んだだけの構造）に比べ、同等以上の低駆動電圧化を図ることができる。この場合、電子輸送補助層にホールブロック性材料が含有されている構成が、さらに好適である。

#### 【0034】

なお、これらのホールブロック性材料は、イオン化ポテンシャルが5.8 eV以上であることが好ましい。好適な材料群としては、フェナントロリン骨格を含む有機化合物や、13族元素を中心金属とする5配位型の金属錯体が挙げられる。

#### 【0035】

ところで、通常、陰極は仕事関数の小さい材料、すなわち酸化しやすく不安定な材料を用いなければならず、陽極から陰極へ順次積み上げていく場合、その不安定な陰極が最表面に曝されてしまう（例えば図1）。しかしながら本発明のEL素子は、電子輸送補助層にホールブロック性材料を適用した場合において、仕事関数が3.5 eV以上の導電体を用いて陰極を形成しても十分に動作するという利点がある。したがって本発明では、電子輸送補助層にホールブロック性材料を適用した場合に、陰極が、仕事関数が3.5 eV以上の導電体からなることを特徴とする。

#### 【0036】

また、フローティング電極の方は、電界発光膜に電子を注入する必要があるため、仕事関数が3.5 eV以下の導電体からなることが好ましい。仕事関数が3.5 eV以下となると、酸化しやすく不安定な導電体であるが、発明においてはフローティング、すなわち周りが他の材料で覆われている状態であるため、劣化を抑制することができる。

#### 【0037】

さらに、フローティング電極の他の構成としては、電界発光膜に接する側に設けられた絶縁膜と、前記電子輸送層に接する側に設けられた導電膜と、からなる構成でも良い。この場合、絶縁膜としてはフッ化リチウムやフッ化カルシウムなどが有効である。

## 【 0 0 3 8 】

なお、以上で述べた本発明の E L 素子において、電子輸送補助層は、1 0 n m 以上 1  $\mu$  m 以下の膜厚で作製することが可能である。したがって、E L 素子自体の厚膜化に十分な効果が得られる。

## 【 0 0 3 9 】

以上で述べた本発明の E L 素子は、アクセプタやドナーの添加を実施することなく膜厚の厚い E L 素子を作製しても、なおかつ低電圧で動作するため、歩留まりがよい上に、素子寿命および駆動電圧にも優れた E L 素子である。したがって、本発明の E L 素子を用いた発光装置や、その発光装置を用いた電気器具は、歩留まりが良好で、なおかつ長保ちする利点がある。

## 【 0 0 4 0 】

したがって、上述した本発明の E L 素子を用いた発光装置や、その発光装置を用いた電気器具も本発明に含むものとする。

## 【 0 0 4 1 】

なお、本明細書中における発光装置とは、E L 素子を用いた画像表示デバイスも含むものとする。また、E L 素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム (FPC: Flexible Printed Circuit) もしくは TAB (Tape Automated Bonding) テープもしくは TCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TAB テープや TCP の先にプリント配線板が設けられたモジュール、または E L 素子に COG (Chip On Glass) 方式により IC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

## 【 0 0 4 2 】

## 【発明の実施の形態】

以下では、本発明の実施形態について、動作原理および具体的な構成例を挙げて詳細に説明する。なお、E L 素子は、発光を取り出すためにどちらかの電極の一方が透明であれば良い。したがって、基板上に透明な電極を形成し、基板側から光を取り出す従来の素子構造だけではなく、実際は、基板とは逆側から光を取り出す構造や、電極の両側から光を取り出す構造も適用可能である。

## 【0043】

まず、本発明のEL素子の動作原理を図3および図4を用いて説明する。図3 (a) は、有機化合物層303を電極301および302で挟んだものあり、ここでは、303は電子輸送性材料からなる層とする。また、電極301および302は、図のように電子電流のみが流れるように設計したものとする。また、303の膜厚をdとして、電圧Vを印加した時に、電流密度J1の電流が流れるとする。

## 【0044】

この時、J1は空間電荷制限電流 (SCLC; Space Charge Limited Current) と呼ばれる電流である。SCLCとは、外部から空間電荷を注入して移動させることにより流れる電流であり、その電流密度はチャイルド則、すなわち下記式(1)で表される。 $\epsilon$ は比誘電率、 $\epsilon_0$ は真空誘電率、 $\mu$ はキャリア移動度である。

## 【0045】

## 【数1】

$$J1 = 9/8 \cdot \epsilon \epsilon_0 \mu \cdot V^2 / d^3 \quad (1)$$

## 【0046】

この式を一般化すると、下記式(2)のように表せる。 $\alpha$ は材料固有の定数である。

## 【0047】

## 【数2】

$$J1 = \alpha \cdot V^2 / d^3 \quad (2)$$

## 【0048】

ここで、全く同じ材料を倍の厚さ、すなわち2d成膜し、Vの電圧を印加したとする(図3(b))。この時の電流密度J2は、下記式(3)のように表される。

## 【0049】

## 【数3】

$$J2 = \alpha \cdot V^2 / (2d)^3 = \alpha / 8 \cdot V^2 / d^3 \quad (3)$$

## 【 0 0 5 0 】

式 (2) および (3) から、 $J_1 = 8 \cdot J_2$  である。つまり、単純に SCLC の式に当てはめるだけでも、膜厚を増やすと電流が急激に流れなくなる様子がわかる。

## 【 0 0 5 1 】

ここで、図 3 (c) のように、図 3 (b) のちょうど真ん中にフローティング電極 3 0 4 を挟み、第 1 の有機化合物層 3 0 3 a と第 2 の有機化合物層 3 0 3 b に分割したとする。この時、フローティング電極 3 0 4 は、第 1 の有機化合物層 3 0 3 a に対する電子注入障壁がほとんどなく、かつ、第 2 の有機化合物層 3 0 3 b に対するホール注入障壁が極めて高いとすると、フローティング電極 3 0 4 は図示の通り、電子を通過させるだけの層となる。

## 【 0 0 5 2 】

第 1 の有機化合物層 3 0 3 a と第 2 の有機化合物層 3 0 3 b は全く同一の材料からなるため、この場合の電流密度  $J_3$  は、下記式 (4) で表すことができる。

## 【 0 0 5 3 】

## 【数 4】

$$J_3 = \alpha \cdot (V/2)^2 / d^3 = \alpha / 4 \cdot V^2 / d^3 \quad (4)$$

## 【 0 0 5 4 】

このように、最も単純なモデルを考慮した場合においてでさえ、フローティング電極 3 0 4 を挟むだけで図 3 (b) に比べて二倍の電流を流すことができる。すなわち、図 3 (a) ~ (c) の構造において、それぞれ同じ電圧  $V$  を印加したならば、式 (2) ~ (4) より  $J_1 > J_3 > J_2$  である。

## 【 0 0 5 5 】

このコンセプトを根底に、従来の EL 素子、従来の倍の膜厚の EL 素子、本発明の EL 素子を比較したものが図 4 である。図 4 (a) は陽極 4 0 1 上に、ホール輸送層 4 0 3、電子輸送層 4 0 4、陰極 4 0 2 を積層した従来の EL 素子である。ホール輸送層 4 0 3 または電子輸送層 4 0 4 のいずれかが発光に至れば良い。

## 【 0 0 5 6 】

これに対し、図 4 (b) は図 4 (a) の倍の膜厚の EL 素子であり、あとの図 4



(c) との対比のため、電子輸送層 4 0 4 のみをさらに 1 0 0 n m 余分に成膜したものである。図 4 (b) はその膜厚のため、ほとんど電流が流れず、微弱な発光しか得られない(電子輸送層のみが厚くなるため、キャリアバランスが崩れる、あるいは光路が変わることで発光が微弱になる現象も当然存在するが、ここでは考慮に入れない。それよりも、電流が流れなくなることの方が、発光に対して深刻な影響を及ぼすものとする。 ) 。

#### 【 0 0 5 7 】

ここで、図 4 (c) は本発明の E L 素子 (図 1 の構造) を表したものであり、図 4 (b) の電子輸送層 4 0 4 にフローティング電極 4 0 5 を挿入し、第 1 の電子輸送層 4 0 4 - 1 と第 2 の電子輸送層 4 0 4 - 2 に分割したものである。見方を変えれば、図 4 (a) の素子の上に、さらに第 2 の電子輸送層と陰極を積層したものであるという見方もできる。

#### 【 0 0 5 8 】

この時、フローティング電極 4 0 5 に、図 3 で述べたフローティング電極 3 0 4 と同様の機能を持たせることにより、第 2 の電子輸送層 4 0 4 - 2 は電子を輸送するだけとなり、発光には寄与しない。そして、図 3 で説明した内容のアナロジーにより、図 4 (b) に比べれば多くの電流を流すことができる。したがって、膜厚を厚くしてもある程度の電流を流し、発光を確保することができるのである。この時の第 2 の電子輸送層 4 0 4 - 2 が、本発明の電子輸送補助層に相当する。

#### 【 0 0 5 9 】

もちろん、この最も単純なモデルを考慮した場合においては、図 4 (a) の従来の素子に流れる電流量に比べれば、図 4 (c) の本発明の素子に流れる電流量はまだまだ少ない。したがって発光もその分、微弱になる。しかしながら実際は、後述する実施例の通り、図 4 (c) は図 4 (b) に比べれば、かなり図 4 (a) の特性に近づくことがわかっている。これは、実際の E L 素子に流れる電流が、単純なチャイルド則 (式 (1) ) に従うものではなく、より複雑な電流 (具体的には、キャリアのトラップによって制限される T C L C ( T r a p C h a r g e L i m i t e d C u r r e n t ) ) であるためと考えられる。

## 【 0 0 6 0 】

なお、このようなコンセプトは、ホール輸送層側でも当然適用できる。すなわち、「陽極\ホール輸送補助層\フローティング電極\電界発光膜\陰極」といったような構造である。しかしながら、一般に有機化合物は電子の方が輸送しにくいいため、本発明の図 4 (c) のように、電子輸送層の中にフローティング電極を埋め込む概念の方がより効果的である。

## 【 0 0 6 1 】

以上で述べた原理を元に、さらに改良を加えることにより、図 4 (a) の素子よりも図 4 (c) の素子の方が、膜厚が厚いにもかかわらず電流が流れやすくなる（すなわち、低い電圧で動作できる）という、いわば逆転現象が起こりうることを発見した。この現象は、図 4 (c) の素子構造の中で、陽極 4 0 1 と陰極 4 0 2 の間のいずこかに、ホールブロック性材料を導入することによって達成される。最も駆動電圧が下がるのは、第 2 の電子輸送層 4 0 4 - 2（すなわち、本発明における電子輸送補助層）にホールブロック性材料を導入する場合である。

## 【 0 0 6 2 】

この現象を容易に説明することは困難であるが、我々は以下のように考えている。ホールブロック性材料を導入することにより、ホールキャリアは効果的にブロックされ、局所的に蓄積される。特に電子輸送補助層にホールブロック性材料を導入した場合は、フローティング電極 4 0 5 が導電体であるため、大量のホールキャリアが局所的に蓄積される。この蓄積ホールキャリアが原因で生じる内部電界により、電子が効果的に輸送、あるいは電界発光膜へ注入される。その結果、従来よりも厚い膜厚の図 4 (c) の素子であっても、従来の図 4 (a) よりもさらに駆動電圧を下げる事ができたと考えられる。

## 【 0 0 6 3 】

以上では、本発明の基本的な動作原理を述べた。以下では、本発明に用いる電子輸送補助層の構成として好ましいもの、あるいはフローティング電極の構成として好ましいもの、そして電界発光膜の構成材料として好ましいもの等を列挙する。ただし、本発明はこれらに限定されない。

## 【 0 0 6 4 】

まず、電子輸送補助層の構成材料としては、電子輸送性材料が好ましいことは先に述べたが、電子輸送性材料としては金属錯体がよく用いられ、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（略称：A l q）、トリス（4-メチル-8-キノリノラト）アルミニウム（略称：A l m q）、ビス（10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト）ベリリウム（略称：B e b q）などのキノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体や、混合配位子錯体であるビス（2-メチル-8-キノリノラト）-（4-ヒドロキシ-ビフェニル）-アルミニウム（略称：B A l q）などがある。また、ビス[2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾオキサゾラト]亜鉛（略称：Z n（B O X）<sub>2</sub>）、ビス[2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾチアゾラト]亜鉛（略称：Z n（B T Z）<sub>2</sub>）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体もある。さらに、金属錯体以外にも、2-（4-ビフェニル）-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1, 3, 4-オキサジアゾール（略称：P B D）、1, 3-ビス[5-（p-tert-ブチルフェニル）-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン（略称：O X D-7）などのオキサジアゾール誘導体、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-フェニル-5-（4-ビフェニル）-1, 2, 4-トリアゾール（略称：T A Z）、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-（4-エチルフェニル）-5-（4-ビフェニル）-1, 2, 4-トリアゾール（略称：p-E t T A Z）などのトリアゾール誘導体、バソフェナントロリン（略称：B P h e n）、バソキュプロイン（略称：B C P）などのフェナントロリン誘導体が電子輸送性を有する。

#### 【0065】

また、電子輸送補助層の構成材料としてはホールブロック性材料が好ましく、上記のP B D、O X D-7、T A Z、p-E t T A Z、B P h e n、B C Pなどがある。特にB P h e nやB C Pなどのフェナントロリン骨格を有する有機化合物は、ホールブロック性が高い。さらに、上述のB A l qに代表される13族元素を中心金属とする5配位型の金属錯体は、膜質の安定性の観点から好適である。

#### 【0066】

フローティング電極としては、金属薄膜、金属酸化物薄膜、有機導電体薄膜ない

しはそれらの組み合わせ、などが利用できる。特に、電界発光膜に電子を注入する必要があるため、仕事関数が 3.5 eV 以下の導電体からなることが好ましく、アルカリ金属やアルカリ土類金属、あるいは希土類金属、またはそれら金属元素を含む合金などが利用できる。例としては、Mg : Ag 合金、Al : Li 合金、Ba、Ca、Yb、Er などが利用できる。あるいは、LiF 等の無機誘電体薄膜、Li 酸化物等の金属酸化物薄膜、アルカリ金属やアルカリ土類金属イオンを含む有機物薄膜と、Al 等の金属膜と、からなる構造でも良い。さらに、フローティング電極は、膜状ではなくクラスタ状に形成してもよい。

#### 【 0 0 6 7 】

電界発光膜の構成としては、一般的に利用されている EL 素子の構造および構成材料を利用すればよい。具体的には、文献 1 で述べられているような正孔輸送層と電子輸送層の積層構造や、高分子化合物を用いた単層構造、三重項励起状態からの発光を利用した高効率素子など、バリエーションは多岐にわたる。

#### 【 0 0 6 8 】

陽極材料としては、陽極から光を取り出すのであれば、ITO（インジウム錫酸化物）やIZO（インジウム亜鉛酸化物）などの透明導電性無機化合物がよく用いられる。金などの超薄膜も可能である。非透明でよい場合（陰極側から光を取り出す場合）は、光を透過しないものの仕事関数がある程度大きい金属・合金や導電体を用いてもよく、W、Ti、TiN などが挙げられる。また、融点の高い材料であれば、スパッタリング法により形成した方がよい。

#### 【 0 0 6 9 】

陰極材料としては、仕事関数が 3.5 eV 以下の導電体からなることが好ましく、アルカリ金属やアルカリ土類金属、あるいは希土類金属、またはそれら金属元素を含む合金などが利用できる。例としては、Mg : Ag 合金、Al : Li 合金、Ba、Ca、Yb、Er などが利用できる。あるいは、LiF 等の無機誘電体薄膜、Li 酸化物等の金属酸化物薄膜、アルカリ金属やアルカリ土類金属イオンを含む有機物薄膜と、Al 等の金属膜と、からなる構造でも良い。また、電子輸送補助層にホールブロック性材料を適用する場合は、Al 等の汎用金属でも良い。さらに、これらの陰極をスパッタリング法により形成してもよい。

## 【 0 0 7 0 】

なお、陰極側から光を取り出す場合は、上記陰極材料の超薄膜を用いてもよいが、図 1 のように陰極を最後に成膜する構造においては、文献 9 のように I T O のスパッタ膜を用いる手法もある。この時、C u P c を成膜してから I T O をスパッタすることが好ましいが、C u P c がなくても、電子輸送補助層が厚いため発光領域へのダメージは少ない。

## 【 0 0 7 1 】

以上では、本発明の E L 素子に用いる材料等の構成について述べたが、次に、E L 素子あるいは E L 素子を用いた発光装置を、蒸着から封止までの作製を全自動化したマルチチャンバー方式の製造装置にて作製する具体例を例示する。製造装置の図を図 5 に示す。

## 【 0 0 7 2 】

図 5 は、ゲート 5 0 0 a ~ 5 0 0 y と、搬送室 5 0 2、5 0 4 a、5 0 8、5 1 4、5 1 8 と、受渡室 5 0 5、5 0 7、5 1 1 と、仕込室 5 0 1 と、第 1 成膜室 5 0 6 H と、第 2 成膜室 5 0 6 B と、第 3 成膜室 5 0 6 G と、第 4 成膜室 5 0 6 R、第 5 成膜室 5 0 6 E と、その他の成膜室 5 0 9、5 1 0、5 1 2、5 1 3、5 3 1、5 3 2 と、蒸着源を設置する設置室 5 2 6 R、5 2 6 G、5 2 6 B、5 2 6 E、5 2 6 H と、前処理室 5 0 3 a、5 0 3 b と、封止室 5 1 6 と、マスクストック室 5 2 4 と、封止基板ストック室 5 3 0 と、カセット室 5 2 0 a、5 2 0 b と、トレイ装着ステージ 5 2 1 と、取出室 5 1 9 と、を有するマルチチャンバーの製造装置である。なお、搬送室 5 0 4 a には基板 5 0 4 c を搬送するための搬送機構 5 0 4 b が設けており、他の搬送室も同様にそれぞれ搬送機構が設けてある。

## 【 0 0 7 3 】

以下、予め陽極と、前記陽極の端部を覆う絶縁物（隔壁）とが設けられた基板を図 5 に示す製造装置に搬入し、E L 素子あるいは E L 素子を用いた発光装置を作製する手順を例示する。E L 素子を用いた発光装置を作製する場合の例としては、例えば、予め基板上に陽極に接続している薄膜トランジスタ（電流制御用 T F T）およびその他の薄膜トランジスタ（スイッチング用 T F T など）が複数設

けられ、薄膜トランジスタからなる駆動回路も設けられているアクティブマトリクス型発光装置用の基板を用いればよい。

#### 【 0 0 7 4 】

まず、カセット室 5 2 0 a またはカセット室 5 2 0 b に上記基板をセットする。基板が大型基板（例えば 3 0 0 mm × 3 6 0 mm）である場合は、カセット室 5 2 0 b にセットし、通常基板（例えば、1 2 7 mm × 1 2 7 mm）である場合には、カセット室 5 2 0 a にセットした後、トレイ装着ステージ 5 2 1 に搬送し、トレイ（例えば 3 0 0 mm × 3 6 0 mm）に複数の基板をセットする。

#### 【 0 0 7 5 】

カセット室にセットした基板（陽極と、前記陽極の端部を覆う絶縁物とが設けられた基板）は搬送室 5 1 8 に搬送する。

#### 【 0 0 7 6 】

また、カセット室にセットする前には、点欠陥を低減するために陽極の表面に対して界面活性剤（弱アルカリ性）を含ませた多孔質なスポンジ（代表的には P V A（ポリビニルアルコール）製、ナイロン製など）で洗浄して表面のゴミを除去することが好ましい。洗浄機構として、基板の面に平行な軸線まわりに回転して基板の面に接触するロールブラシ（P V A 製）を有する洗浄装置を用いてもよいし、基板の面に垂直な軸線まわりに回転しつつ基板の面に接触するディスクブラシ（P V A 製）を有する洗浄装置を用いてもよい。また、有機化合物を含む膜を形成する前に、上記基板に含まれる水分やその他のガスを除去するために、脱気のためのアニールを真空中で行うことが好ましく、搬送室 5 1 8 に連結された前処理室 5 2 3 に搬送し、そこでアニールを行えばよい。

#### 【 0 0 7 7 】

次いで、基板搬送機構が設けられた搬送室 5 1 8 から仕込室 5 0 1 に搬送する。本例の製造装置では、仕込室 5 0 1 には、基板反転機構が備わっており、基板を適宜反転させることができる。仕込室 5 0 1 は、真空排気処理室と連結されており、真空排気した後、不活性ガスを導入して大気圧にしておくことが好ましい。

#### 【 0 0 7 8 】

次いで仕込室 5 0 1 に連結された搬送室 5 0 2 に搬送する。搬送室 5 0 2 内には極力水分や酸素が存在しないよう、予め、真空排気して真空を維持しておくことが好ましい。

#### 【 0 0 7 9 】

また、上記の真空排気処理室としては、磁気浮上型のターボ分子ポンプ、クライオポンプ、またはドライポンプが備えられている。これにより仕込室と連結された搬送室の到達真空度を  $10^{-5} \sim 10^{-6}$  Pa にすることが可能であり、さらにポンプ側および排気系からの不純物の逆拡散を制御することができる。装置内部に不純物が導入されるのを防ぐため、導入するガスとしては、窒素や希ガス等の不活性ガスを用いる。装置内部に導入されるこれらのガスは、装置内に導入される前にガス精製機により高純度化されたものを用いる。従って、ガスが高純度化された後に蒸着装置に導入されるようにガス精製機を備えておく必要がある。これにより、ガス中に含まれる酸素や水、その他の不純物を予め除去することができるため、装置内部にこれらの不純物が導入されるのを防ぐことができる。

#### 【 0 0 8 0 】

また、不用な箇所形成された有機化合物を含む膜を除去したい場合には、前処理室 5 0 3 a に搬送し、有機化合物膜の積層を選択的に除去すればよい。前処理室 5 0 3 a はプラズマ発生手段を有しており、Ar、H、F、およびOから選ばれた一種または複数種のガスを励起してプラズマを発生させることによって、ドライエッチングを行う。また、陽極表面処理として紫外線照射が行えるように前処理室 5 0 3 a にUV照射機構を備えてもよい。

#### 【 0 0 8 1 】

また、画素周辺部から非発光領域が拡大する現象（シュリンク）をなくすためには、有機化合物を含む膜の蒸着直前に真空加熱を行うことが好ましく、前処理室 5 0 3 b に搬送し、上記基板に含まれる水分やその他のガスを徹底的に除去するために、脱気のためのアニールを真空 ( $5 \times 10^{-3}$  Torr (0.665 Pa) 以下、好ましくは  $10^{-4} \sim 10^{-6}$  Pa) で行う。前処理室 5 0 3 b では平板ヒータ（代表的にはシースヒータ）を用いて、複数の基板を均一に加熱する。特に、層間絶縁膜や隔壁の材料として有機樹脂膜を用いた場合、有機樹脂材料によっ

ては水分を吸着しやすく、さらに脱ガスが発生する恐れがあるため、有機化合物を含む層を形成する前に100℃～250℃、好ましくは150℃～200℃、例えば30分以上の加熱を行った後、30分の自然冷却を行って吸着水分を除去する真空加熱を行うことは有効である。

#### 【0082】

次いで、上記真空加熱を行った後、搬送室502から受渡室505に基板を搬送し、さらに、大気にふれさせることなく、受渡室505から搬送室504aに基板を搬送する。

#### 【0083】

その後、搬送室504aに連結された成膜室506R、506G、506B、506Eへ基板を適宜、搬送して、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、または電子注入層となる低分子からなる有機化合物層を適宜形成する。また、搬送室502から基板を成膜室106Hに搬送して、蒸着を行うこともできる。

#### 【0084】

また、成膜室512ではインクジェット法やスピコート法などで高分子材料からなる正孔注入層を形成してもよい。また、基板を縦置きとして真空中でインクジェット法により成膜してもよい。陽極上に、正孔注入層（陽極バッファ層）として作用するポリ（エチレンジオキシチオフエン）／ポリ（スチレンスルホン酸）水溶液（PEDOT／PSS）、ポリアニリン／ショウノウスルホン酸水溶液（PANI／CSA）、PTPDES、Et-PTPDEK、またはPPBAなどを全面に塗布、焼成してもよい。焼成する際にはベーク室523で行うことが好ましい。スピコートなどを用いた塗布法で高分子材料からなる正孔注入層を形成した場合、平坦性が向上し、その上に成膜される膜のカバレッジおよび膜厚均一性を良好なものとすることができる。特に発光層の膜厚が均一となるため均一な発光を得ることができる。この場合、正孔注入層を塗布法で形成した後、蒸着法による成膜直前に真空加熱（100～200℃）を行うことが好ましい。真空加熱する際には前処理室503bで行えばよい。例えば陽極の表面をスポンジで洗浄した後、カセット室に搬入し、成膜室512に搬送してスピコート法でポリ（エチレンジオキシチオフエン）／ポリ（スチレンスルホン酸）水溶液



(PEDOT/PSS)を全面に膜厚60nmで塗布した後、ベーク室523に搬送して80℃、10分間で仮焼成、200℃、1時間で本焼成し、さらに前処理室503bに搬送して蒸着直前に真空加熱(170℃、加熱30分、冷却30分)した後、成膜室506R、506G、506Bに搬送して大気に触れることなく蒸着法で発光層の形成を行えばよい。特に、ITO膜を陽極材料として用い、表面に凹凸や微小な粒子が存在している場合、PEDOT/PSSの膜厚を30nm以上の膜厚とすることでこれらの影響を低減することができる。

#### 【0085】

また、PEDOT/PSSはITO膜上に塗布すると濡れ性があまりよくないため、PEDOT/PSS溶液をスピコート法で1回目の塗布を行った後、一旦純水で洗浄することによって濡れ性を向上させ、再度、PEDOT/PSS溶液をスピコート法で2回目の塗布を行い、焼成を行って均一性良く成膜することが好ましい。なお、1回目の塗布を行った後、一旦純水で洗浄することによって表面を改質するとともに、微小な粒子なども除去できる効果が得られる。

#### 【0086】

また、スピコート法によりPEDOT/PSSを成膜した場合、全面に成膜されるため、基板の端面や周縁部、端子部、陰極と下部配線との接続領域などは選択的に除去することが好ましく、前処理室503aでO<sub>2</sub>アッシングなどで除去することが好ましい。

#### 【0087】

ここで、成膜室506R、506G、506B、506E、506Hについて説明する。

#### 【0088】

各成膜室506R、506G、506B、506E、506Hには、移動可能な蒸着源ホルダが設置されている。この蒸着源ホルダは複数用意されており、適宜、EL材料が封入された容器(ルツボ)を複数備え、この状態で成膜室に設置されている。フェイスダウン方式で基板をセットし、CCDなどで蒸着マスクの位置アライメントを行い、抵抗加熱法で蒸着を行うことで選択的に成膜を行うことができる。なお、蒸着マスクはマスクストック室524にストックして、適宜、

蒸着を行う際に成膜室に搬送する。また、成膜室 5 3 2 は有機化合物を含む層や金属材料層を形成するための予備の蒸着室である。

#### 【 0 0 8 9 】

これら成膜室へ E L 材料の設置は、以下に示す製造システムを用いると好ましい。すなわち、E L 材料が予め材料メーカーで収納されている容器（代表的にはルツボ）を用いて成膜を行うことが好ましい。さらに設置する際には大気に触れることなく行うことが好ましく、材料メーカーから搬送する際、ルツボは第 2 の容器に密閉した状態のまま成膜室に導入されることが好ましい。望ましくは、各成膜室 5 0 6 R、5 0 6 G、5 0 6 B、5 0 6 H、5 0 6 E に連結した真空排気手段を有する設置室 5 2 6 R、5 2 6 G、5 2 6 B、5 2 6 H、5 2 6 E を真空、または不活性ガス雰囲気とし、この中で第 2 の容器からルツボを取り出して、成膜室にルツボを設置する。こうすることにより、ルツボおよび該ルツボに収納された E L 材料を汚染から防ぐことができる。なお、設置室 5 2 6 R、5 2 6 G、5 2 6 B、5 2 6 H、5 2 6 E には、メタルマスクをストックしておくことも可能である。

#### 【 0 0 9 0 】

成膜室 5 0 6 R、5 0 6 G、5 0 6 B、5 0 6 H、5 0 6 E に設置する E L 材料を適宜選択することにより、E L 素子全体として、単色（具体的には白色）、或いはフルカラー（具体的には赤色、緑色、青色）の発光を示す E L 素子を形成することができる。例えば、緑色の E L 素子を形成する場合、成膜室 5 0 6 H で正孔輸送層または正孔注入層、成膜室 5 0 6 G で発光層（G）、成膜室 5 0 6 E で電子輸送層または電子注入層を順次積層した後、陰極を形成すれば緑色の E L 素子を得ることができる。例えば、フルカラーの E L 素子を形成する場合、成膜室 5 0 6 R で R 用の蒸着マスクを用い、正孔輸送層または正孔注入層、発光層（R）、電子輸送層または電子注入層を順次積層し、成膜室 5 0 6 G で G 用の蒸着マスクを用い、正孔輸送層または正孔注入層、発光層（G）、電子輸送層または電子注入層を順次積層し、成膜室 5 0 6 B で B 用の蒸着マスクを用い、正孔輸送層または正孔注入層、発光層（B）、電子輸送層または電子注入層を順次積層した後、陰極を形成すればフルカラーの E L 素子を得ることができる。

## 【 0 0 9 1 】

なお、白色の発光を示す有機化合物層は、異なる発光色を有する発光層を積層する場合において、赤色、緑色、青色の3原色を含有する3波長タイプと、青色／黄色または青緑色／橙色の補色の関係を用いた2波長タイプに大別される。一つの成膜室で白色EL素子を形成することも可能である。例えば、3波長タイプを用いて白色EL素子を得る場合、一つの成膜室に蒸着源ホルダを複数用意して、第1の蒸着源ホルダには芳香族ジアミン（TPD）、第2の蒸着源ホルダにはp-EtTAZ、第3の蒸着源ホルダにはAlq<sub>3</sub>、第4の蒸着源ホルダにはAlq<sub>3</sub>に赤色発光色素であるNiIeRedを添加したEL材料、第5の蒸着源ホルダにはAlq<sub>3</sub>が封入され、この状態で各成膜室に設置する。そして、第1から第5の蒸着源ホルダが順に移動を開始し、基板に対して蒸着を行い、積層する。具体的には、加熱により第1の蒸着源ホルダからTPDが昇華され、基板全面に蒸着される。その後、第2の蒸着源ホルダからp-EtTAZが昇華され、第3の蒸着源ホルダからAlq<sub>3</sub>が昇華され、第4の蒸着源ホルダからAlq<sub>3</sub>：NiIeRedが昇華され、第5の蒸着源ホルダからAlq<sub>3</sub>が昇華され、基板全面に蒸着される。この後、陰極を形成すれば白色EL素子を得ることができる。

## 【 0 0 9 2 】

上記工程によって適宜、有機化合物を含む層を積層した後、搬送室504aから受渡室507に基板を搬送し、さらに、大気にふれさせることなく、受渡室507から搬送室508に基板を搬送する。

## 【 0 0 9 3 】

次いで、搬送室508内に設置されている搬送機構により、基板を成膜室510に搬送し、フローティング電極を形成する。このフローティング電極は、抵抗加熱を用いた蒸着法により形成される金属膜（MgAg、MgIn、CaF<sub>2</sub>、LiF、Ca<sub>3</sub>N<sub>2</sub>などの合金、または周期表の1族もしくは2族に属する元素とアルミニウムとを共蒸着法により形成した膜、またはこれらの積層膜）である。

## 【 0 0 9 4 】

さらに、成膜室532に基板を移し、電子輸送補助層を形成する。この時用いる

材料としては、BCPやBA1qのようなホールブロック性材料が好ましい。電子輸送補助層の形成後、陰極を成膜するが、先に述べた成膜室510にて蒸着法で形成するか、あるいは成膜室509においてスパッタ法を用いて陰極を形成してもよい。

#### 【0095】

また、上面出射型の発光装置を作製する場合には、陰極は透明または半透明であることが好ましく、上記金属膜の薄膜（1nm～10nm）、或いは上記金属膜の薄膜（1nm～10nm）と透明導電膜との積層を陰極とすることが好ましい。この場合、スパッタ法を用いて成膜室509で透明導電膜（ITO（酸化インジウム酸化スズ合金）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ $\text{In}_2\text{O}_3$ -ZnO）、酸化亜鉛（ZnO）等）からなる膜を形成すればよい。

#### 【0096】

以上の工程で積層構造のEL素子が形成される。

#### 【0097】

また、搬送室508に連結した成膜室513に搬送して窒化珪素膜、または窒化酸化珪素膜からなる保護膜を形成して封止してもよい。ここでは、成膜室513内には、珪素からなるターゲット、または酸化珪素からなるターゲット、または窒化珪素からなるターゲットが備えられている。例えば、珪素からなるターゲットを用い、成膜室雰囲気を窒素雰囲気または窒素とアルゴンを含む雰囲気とすることによって陰極上に窒化珪素膜を形成することができる。また、炭素を主成分とする薄膜（DLC膜、CN膜、アモルファスカーボン膜）を保護膜として形成してもよく、別途、CVD法を用いた成膜室を設けてもよい。ダイヤモンドライクカーボン膜（DLC膜とも呼ばれる）は、プラズマCVD法（代表的には、RFプラズマCVD法、マイクロ波CVD法、電子サイクロトロン共鳴（ECR）CVD法、熱フィラメントCVD法など）、燃焼法、スパッタ法、イオンビーム蒸着法、レーザー蒸着法などで形成することができる。成膜に用いる反応ガスは、水素ガスと、炭化水素系のガス（例えば $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{C}_6\text{H}_6$ など）とを用い、グロー放電によりイオン化し、負の自己バイアスがかかったカソードにイオンを加速衝突させて成膜する。また、CN膜は反応ガスとして $\text{C}_2\text{H}_4$ ガスとN

$\text{H}_2$ ガスとを用いて形成すればよい。なお、DLC膜やCN膜は、可視光に対して透明もしくは半透明な絶縁膜である。可視光に対して透明とは可視光の透過率が80～100%であることを指し、可視光に対して半透明とは可視光の透過率が50～80%であることを指す。

#### 【0098】

次いで、EL素子が形成された基板を大気に触れることなく、搬送室508から受渡室511に搬送し、さらに受渡室511から搬送室514に搬送する。次いで、EL素子が形成された基板を搬送室514から封止室516に搬送する。

#### 【0099】

封止基板は、ロード室517に外部からセットし、用意される。なお、水分などの不純物を除去するために予め真空中でアニールを行うことが好ましい。そして、封止基板にEL素子が設けられた基板と貼り合わせるためのシール材を形成する場合には、シーリング室でシール材を形成し、シール材を形成した封止基板を封止基板ストック室530に搬送する。なお、シーリング室において、封止基板に乾燥剤を設けてもよい。なお、ここでは、封止基板にシール材を形成した例を示したが、特に限定されず、EL素子が形成された基板にシール材を形成してもよい。

#### 【0100】

次いで、封止室516、基板と封止基板と貼り合わせ、貼り合わせた一对の基板を封止室516に設けられた紫外線照射機構によってUV光を照射してシール材を硬化させる。なお、ここではシール材として紫外線硬化樹脂を用いたが、接着材であれば、特に限定されない。

#### 【0101】

次いで、貼り合わせた一对の基板を封止室516から搬送室514、そして搬送室514から取出室519に搬送して取り出す。

#### 【0102】

以上のように、図5に示した製造装置を用いることで完全にEL素子を密閉空間に封入するまで大気に曝さずに済むため、信頼性の高い発光装置を作製することが可能となる。なお、搬送室514、518においては、真空と、大気圧での

窒素雰囲気とを繰り返すが、搬送室 5 0 2、5 0 4 a、5 0 8 は常時、真空が保たれることが望ましい。

#### 【0 1 0 3】

なお、ここでは図示しないが、基板を個々の処理室に移動させる経路を制御して自動化を実現するコントロール制御装置を設けている。

#### 【0 1 0 4】

また、図 5 に示す製造装置では、陽極として透明導電膜（または金属膜（T i N））が設けられた基板を搬入し、有機化合物を含む層を形成した後、透明または半透明な陰極（例えば、薄い金属膜（A l、A g）と透明導電膜の積層）を形成することによって、上面出射型（或いは両面出射）の E L 素子を形成することも可能である。なお、上面出射型の E L 素子とは、電界発光膜において生じた発光を陰極を透過させて取り出す素子を指している。

#### 【0 1 0 5】

また、図 5 に示す製造装置では、陽極として透明導電膜が設けられた基板を搬入し、有機化合物を含む層を形成した後、金属膜（A l、A g）からなる陰極を形成することによって、下面出射型の E L 素子を形成することも可能である。なお、下面出射型の E L 素子とは、有機化合物層において生じた発光を透明電極である陽極から T F T の方へ取り出し、さらに基板を通過させる素子を指している。

#### 【0 1 0 6】

##### 【実施例】

##### 〔実施例 1〕

本実施例では、図 1 に示した本発明の E L 素子を具体的に例示する。

#### 【0 1 0 7】

まず、陽極 1 0 1 として I T O が 1 1 0 n m 成膜された基板に、正孔注入材料である銅フタロシアニン（略称：C u P c）を 2 0 n m、正孔輸送材料である 4，4'-ビス [N-（1-ナフチル）-N-フェニル-アミノ] -ビフェニル（略称：α-N P D）を 3 0 n m、電子輸送性発光材料である A l q を 5 0 n m、順次成膜する。以上が電界発光膜 1 0 3 に相当する。

## 【0108】

次に、フッ化カルシウムを2 nm、アルミニウムを20 nm成膜し、フローティング電極104とする。さらに電子輸送補助層105として、Alqを100 nm成膜する。最後に陰極102として、フッ化カルシウムを2 nm、アルミニウムを100 nm成膜し、本発明のEL素子を得る。この素子は図4(c)の構造に相当するが、以下、素子Cと称する。なお、画素の大きさは2 mm角である。

## 【0109】

図6に、素子Cの初期特性（上から順に、輝度－電流密度特性、輝度－電圧特性、および電流－電圧特性）を示す。厚膜にもかかわらず、ある程度の電流は流れ、発光に至る様子がわかる。

## 【0110】

## 〔比較例1〕

実施例1との比較を行うため、2種類の素子を作製した。まず、従来通りのEL素子、すなわち、「ITO(110 nm) \ CuPc(20 nm) \  $\alpha$ -NPD(30 nm) \ Alq(50 nm) \ CaF<sub>2</sub>(2 nm) \ Al(100 nm)」の構造を有するEL素子を作製した。この素子は図4(a)の構造に相当するが、以下、素子Aと称する。なお、画素の大きさは2 mm角である。

## 【0111】

また、実施例1の素子構造に比べ、フローティング電極を成膜しないもの、すなわち、「ITO(110 nm) \ CuPc(20 nm) \  $\alpha$ -NPD(30 nm) \ Alq(150 nm) \ CaF<sub>2</sub>(2 nm) \ Al(100 nm)」の構造を有するEL素子も作製した。この素子は図4(b)の構造に相当するが、以下、素子Bと称する。なお、画素の大きさは2 mm角である。

## 【0112】

素子Aおよび素子Bの初期特性を、素子Cと合わせて図6中に図示した。本発明の素子Cは、素子Aには及ばないものの、素子Bに比べれば遙かに特性を改善できている。したがって、本発明を実施することにより、膜厚を厚くしても、ある程度の電圧で駆動できることがわかった。

## 【0113】

## 〔実施例 2〕

本実施例では、図 1 に示した本発明の EL 素子を具体的に例示する。なお、本実施例においては、電界発光膜にホールブロック性材料を導入した本発明の EL 素子（以下、素子 D と称する）と、電子輸送補助層にホールブロック性材料を導入した本発明の EL 素子（以下、素子 E と称する）の二例を例示する。

### 【0114】

素子 D の構造は、「ITO (110 nm) \ CuPc (20 nm) \  $\alpha$ -NPD (30 nm) \ Alq (40 nm) \ BCP (10 nm) \  $\text{CaF}_2$  (2 nm) \ Al (20 nm) \ Au (20 nm) \ Alq (100 nm) \  $\text{CaF}_2$  (2 nm) \ Al (100 nm)」とした。また、素子 E の構造は、「ITO (110 nm) \ CuPc (20 nm) \  $\alpha$ -NPD (30 nm) \ Alq (50 nm) \  $\text{CaF}_2$  (2 nm) \ Al (20 nm) \ BCP (100 nm) \ Al (100 nm)」とした。素子 D および素子 E におけるホールブロック性材料は共に、BCP である。なお、いずれの素子においても、画素の大きさは 2 mm 角である。

### 【0115】

これらの初期特性（上から順に、輝度－電流密度特性、輝度－電圧特性、および電流－電圧特性）を図 7 に示す。いずれも 200 nm 程度の厚膜にもかかわらず、十分な電流が流れ、十分に低い駆動電圧にて発光することがわかる。また、素子 D よりも素子 E の方が特性がよいため、ホールブロック性材料は電子輸送補助層に導入した方がよいことがわかる。

### 【0116】

## 〔比較例 2〕

比較のため、素子 A のデータも図 7 に図示した。この図からわかるとおり、本発明の EL 素子においてホールブロック性材料を導入することにより、従来の EL 素子に比べて倍の膜厚にもかかわらず、従来の EL 素子よりも駆動電圧が低下する現象が見られた。特に、高輝度側での低電圧化が顕著であるが、電流－電圧特性を見てもわかるとおり、ダイオード特性の立ち上がりが急峻になっている（高電圧側で電流が流れやすくなっている）ことが原因と思われる。



【0117】

以上のことから、本発明を実施することにより、膜厚を厚くしても、従来よりも低い電圧で駆動できることがわかった。

【0118】

## 〔実施例3〕

本実施例では、図2に示した本発明のEL素子を具体的に例示する。

【0119】

基本的には図1とは逆向きのプロセスを経ることにより、図2の素子を作製することができる。まず、陰極202としてAlが100nm成膜された基板に、電子輸送補助層205としてBCPを100nm成膜し、さらにフローティング電極204として、Al:Li合金を20nm成膜する。

【0120】

次に、電子輸送性発光材料であるAlqを50nm、正孔輸送性材料である $\alpha$ -NPDを30nm、正孔注入性材料であるCuPcを20nm、順次積層し、電界発光膜203を形成する。最後に陽極201としてAuを20nm程度成膜することにより、本発明のEL素子を得る。本実施例の場合、上面側(Au側)から発光を取り出す。

【0121】

## 〔実施例4〕

本実施例では、下面出射構造の発光装置の一例を例示する。その概略図を図8に示す。

【0122】

図8(A)は、発光装置を示す上面図、図8(B)は図8(A)をA-A'で切断した断面図である。点線で示された801はソース信号線駆動回路、802は画素部、803はゲート信号線駆動回路である。また、804は封止基板、805は密閉空間の間隔を保持するためのギャップ材が含有されているシール材であり、シール材805で囲まれた内側は、不活性気体(代表的には窒素)で充填されている。シール材805で囲まれた内側の空間は乾燥剤807によって微量な水分が除去され、十分乾燥している。

## 【0123】

なお、808はソース信号線駆動回路801及びゲート信号線駆動回路803に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC（フレキシブルプリントサーキット）809からビデオ信号やクロック信号を受け取る。

## 【0124】

次に、断面構造について図8（B）を用いて説明する。基板810上には駆動回路及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路としてソース信号線駆動回路801と画素部802が示されている。なお、ソース信号線駆動回路801はnチャンネル型TFT823とpチャンネル型TFT824とを組み合わせたCMOS回路が形成される。

## 【0125】

また、画素部802はスイッチング用TFT811と、電流制御用TFT812とそのドレインに電氣的に接続された透明な導電膜からなる第1の電極（陽極）813を含む複数の画素により形成される。

## 【0126】

ここでは第1の電極813が接続電極と一部重なるように形成され、第1の電極813はTFTのドレイン領域と接続電極を介して電氣的に接続している構成となっている。第1の電極813は透明性を有し、且つ、仕事関数の大きい導電膜（ITO（酸化インジウム酸化スズ合金）、酸化インジウム酸化亜鉛合金（ $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ ）、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）等）を用いることが望ましい。

## 【0127】

また、第1の電極（陽極）813の両端には絶縁物（バンク、隔壁、障壁、土手などと呼ばれる）814が形成される。カバレッジを良好なものとするため、絶縁物814の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。また、絶縁物814を窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜、炭素を主成分とする薄膜、または窒化珪素膜からなる保護膜で覆ってもよい。

## 【0128】

また、第1の電極（陽極）813上には、蒸着マスクを用いた蒸着法、または

インクジェット法によって有機化合物を含む層 8 1 5 を選択的に形成する。なお、本実施例における有機化合物を含む層 8 1 5 とは、図 1 における電界発光膜 1 0 3、フローティング電極 1 0 4、および電子輸送補助層 1 0 5 の三つからなる層のことをさす。具体的には、実施例 2 で示したような構造を形成すればよい。ただし、フローティング電極は、クロストークを防ぐために画素ごとに塗り分けることが好ましい。

#### 【 0 1 2 9 】

さらに、有機化合物を含む層 8 1 5 上には第 2 の電極（陰極） 8 1 6 が形成される。陰極としては、仕事関数の小さい材料（ $\text{Al}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Ca}$ 、またはこれらの合金  $\text{MgAg}$ 、 $\text{MgIn}$ 、 $\text{AlLi}$ 、 $\text{CaF}_2$ 、または  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ ）を用いればよい。こうして、第 1 の電極（陽極） 8 1 3、有機化合物を含む層 8 1 5、及び第 2 の電極（陰極） 8 1 6 からなる本発明の EL 素子 8 1 8 が形成される。EL 素子 8 1 8 は、図 8 中に示した矢印方向に発光する。ここでは EL 素子 8 1 8 は R、G、或いは B の単色発光が得られる EL 素子の一つであり、R、G、B の発光が得られる有機化合物を含む層をそれぞれ選択的に形成した 3 つの EL 素子でフルカラーとする。

#### 【 0 1 3 0 】

また、EL 素子 8 1 8 を封止するために保護層 8 1 7 を形成する。この保護層 8 1 7 としてはスパッタ法（DC 方式や RF 方式）や PCVD 法により得られる窒化珪素または窒化酸化珪素を主成分とする絶縁膜、または炭素を主成分とする薄膜（DLC 膜、CN 膜など）、またはこれらの積層を用いることが好ましい。シリコンターゲットを用い、窒素とアルゴンを含む雰囲気中で形成すれば、水分やアルカリ金属などの不純物に対してブロッキング効果の高い窒化珪素膜が得られる。また、窒化シリコンターゲットを用いてもよい。また、保護層は、リモートプラズマを用いた成膜装置を用いて形成してもよい。

#### 【 0 1 3 1 】

また、EL 素子 8 1 8 を封止するために不活性気体雰囲気下でシール材 8 0 5 により封止基板 8 0 4 を貼り合わせる。封止基板 8 0 4 には予めサンドブラスト法などによって形成した凹部が形成されており、その凹部に乾燥剤 8 0 7 を貼り

付けている。なお、シール材 8 0 5 としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、シール材 8 0 5 はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。

#### 【 0 1 3 2 】

また、本実施例では凹部を有する封止基板 8 0 4 を構成する材料として金属基板、ガラス基板や石英基板の他、FRP (Fiberglass-Reinforced Plastics)、PVF (ポリビニルフロライド)、マイラー、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。また、内側に乾燥剤を貼りつけた金属缶で封止することも可能である。

#### 【 0 1 3 3 】

##### 〔実施例 5〕

本実施例では、上面出射構造の発光装置の一例を例示する。その概略図を図 9 に示す。

#### 【 0 1 3 4 】

図 9 (A) は、発光装置を示す上面図、図 9 (B) は図 9 (A) を A - A' で切断した断面図である。点線で示された 9 0 1 はソース信号線駆動回路、9 0 2 は画素部、9 0 3 はゲート信号線駆動回路である。また、9 0 4 は透明な封止基板、9 0 5 は第 1 のシール材であり、第 1 のシール材 9 0 5 で囲まれた内側は、透明な第 2 のシール材 9 0 7 で充填されている。なお、第 1 のシール材 9 0 5 には基板間隔を保持するためのギャップ材が含有されている。

#### 【 0 1 3 5 】

なお、9 0 8 はソース信号線駆動回路 9 0 1 及びゲート信号線駆動回路 9 0 3 に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となる FPC (フレキシブルプリントサーキット) 9 0 9 からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここでは FPC しか図示されていないが、この FPC にはプリント配線基盤 (PWB) が取り付けられていても良い。

#### 【 0 1 3 6 】

次に、断面構造について図 9 (B) を用いて説明する。基板 9 1 0 上には駆動回路及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路としてソース信号線駆

動回路 9 0 1 と画素部 9 0 2 が示されている。

【 0 1 3 7 】

なお、ソース信号線駆動回路 9 0 1 は n チャンネル型 T F T 9 2 3 と p チャンネル型 T F T 9 2 4 とを組み合わせた C M O S 回路が形成される。また、駆動回路を形成する T F T は、公知の C M O S 回路、P M O S 回路もしくは N M O S 回路で形成しても良い。また、本実施例では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に形成することもできる。

【 0 1 3 8 】

また、画素部 9 0 2 はスイッチング用 T F T 9 1 1 と、電流制御用 T F T 9 1 2 とそのドレインに電氣的に接続された第 1 の電極（陽極）9 1 3 を含む複数の画素により形成される。電流制御用 T F T 9 1 2 としては n チャンネル型 T F T であってもよいし、p チャンネル型 T F T であってもよいが、陽極と接続させる場合、p チャンネル型 T F T とすることが好ましい。また、保持容量（図示しない）を適宜設けることが好ましい。なお、ここでは無数に配置された画素のうち、一つの画素の断面構造のみを示し、その一つの画素に 2 つの T F T を用いた例を示したが、3 つ、またはそれ以上の T F T を適宜、用いてもよい。

【 0 1 3 9 】

ここでは第 1 の電極 9 1 3 が T F T のドレインと直接接している構成となっているため、第 1 の電極 9 1 3 の下層はシリコンからなるドレインとオーミックコンタクトのとれる材料層とし、有機化合物を含む層と接する最上層を仕事関数の大きい材料層とすることが望ましい。例えば、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との 3 層構造とすると、配線としての抵抗も低く、且つ、良好なオーミックコンタクトがとれ、且つ、陽極として機能させることができる。また、第 1 の電極 9 1 3 は、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Z n 膜、P t 膜などの単層としてもよいし、3 層以上の積層を用いてもよい。

【 0 1 4 0 】

また、第 1 の電極（陽極）9 1 3 の両端には絶縁物（バンク、隔壁、障壁、土手などと呼ばれる）9 1 4 が形成される。絶縁物 9 1 4 は有機樹脂膜もしくは珪素

を含む絶縁膜で形成すれば良い。ここでは、絶縁物 9 1 4 として、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いて図 9 に示す形状の絶縁物を形成する。

#### 【 0 1 4 1 】

カバレッジを良好なものとするため、絶縁物 9 1 4 の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物 9 1 4 の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物 9 1 4 の上端部のみに曲率半径 ( $0.2 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ ) を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物 9 1 4 として、感光性の光によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

#### 【 0 1 4 2 】

また、絶縁物 9 1 4 を窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜、炭素を主成分とする薄膜、または窒化珪素膜からなる保護膜で覆ってもよい。

#### 【 0 1 4 3 】

また、第 1 の電極（陽極） 9 1 3 上には、蒸着マスクを用いた蒸着法、またはインクジェット法によって有機化合物を含む層 9 1 5 を選択的に形成する。なお、本実施例における有機化合物を含む層 9 1 5 とは、図 1 における電界発光膜 1 0 3、フローティング電極 1 0 4、および電子輸送補助層 1 0 5 の三つからなる層のことをさす。具体的には、実施例 2 で示したような構造を形成すればよい。ただし、フローティング電極は、クロストークを防ぐために画素ごとに塗り分けることが好ましい。

#### 【 0 1 4 4 】

さらに、有機化合物を含む層 9 1 5 上には第 2 の電極（陰極） 9 1 6 が形成される。陰極としては、仕事関数の小さい材料 ( $\text{Al}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Ca}$ 、またはこれらの合金  $\text{MgAg}$ 、 $\text{MgIn}$ 、 $\text{AlLi}$ 、 $\text{CaF}_2$ 、または  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ ) を用いればよい。ここでは、発光が透過するように、第 2 の電極（陰極） 9 1 6 として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜 ( $\text{ITO}$  (酸化インジウム酸化スズ合金)、酸化インジウム酸化亜鉛合金 ( $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ )、酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) 等) との積層を用いる。こうして、第 1 の電極（陽極） 9 1 3、有機化合物を含む層 9 1 5、及び第 2 の電極（陰極） 9 1 6 からなる本発明の EL 素子 9 1 8 が

形成される。ここでは E L 素子 9 1 8 は白色発光とする例とするので着色層 9 3 1 と遮光層 (B M) 9 3 2 からなるカラーフィルター (簡略化のため、ここではオーバーコート層は図示しない) を設けている。

#### 【 0 1 4 5 】

また、R、G、B の発光が得られる有機化合物を含む層をそれぞれ選択的に形成すれば、カラーフィルターを用いなくともフルカラーの表示を得ることができる。

#### 【 0 1 4 6 】

また、E L 素子 9 1 8 を封止するために透明保護層 9 1 7 を形成する。この透明保護層 9 1 7 としてはスパッタ法 (D C 方式や R F 方式) や P C V D 法により得られる窒化珪素または窒化酸化珪素を主成分とする絶縁膜、炭素を主成分とする薄膜 (ダイヤモンドライクカーボン : D L C 膜、窒化炭素 : C N 膜など)、またはこれらの積層を用いることが好ましい。シリコンターゲットを用い、窒素とアルゴンを含む雰囲気中で形成すれば、水分やアルカリ金属などの不純物に対してブロッキング効果の高い窒化珪素膜が得られる。また、窒化シリコンターゲットを用いてもよい。また、透明保護層は、リモートプラズマを用いた成膜装置を用いて形成してもよい。また、透明保護層に発光を通過させるため、透明保護層の膜厚は、可能な限り薄くすることが好ましい。

#### 【 0 1 4 7 】

また、E L 素子 9 1 8 を封止するために不活性気体雰囲気下で第 1 シール材 9 0 5、第 2 シール材 9 0 7 により封止基板 9 0 4 を貼り合わせる。なお、第 1 シール材 9 0 5、第 2 シール材 9 0 7 としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、第 1 シール材 9 0 5、第 2 シール材 9 0 7 はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。

#### 【 0 1 4 8 】

また、本実施例では封止基板 9 0 4 を構成する材料としてガラス基板や石英基板の他、F R P (Fiberglass-Reinforced Plastics)、P V F (ポリビニルフロライド)、マイラー、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。また、第 1 シール材 9 0 5、第 2 シール材 9 0 7 を用い

て封止基板 9 0 4 を接着した後、さらに側面（露呈面）を覆うように第 3 のシール材で封止することも可能である。

#### 【 0 1 4 9 】

以上のようにして E L 素子を第 1 シール材 9 0 5、第 2 シール材 9 0 7 に封入することにより、E L 素子を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素といった有機化合物層の劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置を得ることができる。

#### 【 0 1 5 0 】

なお、第 1 の電極 9 1 3 として透明導電膜を用いれば両面発光型の発光装置を作製することができる。

#### 【 0 1 5 1 】

##### 〔実施例 6〕

実施例 4 や実施例 5 で述べた本発明の発光装置は、歩留まりがよい上に、寿命および駆動電圧にも優れた発光装置である。したがって、本発明の発光装置を用いた電気器具は、歩留まりが良好で、なおかつ長保ちする利点がある。特に電源としてバッテリーを使用する携帯機器のような電気器具に関しては、低消費電力化が便利さに直結する（電池切れが起こりにくい）ため、駆動電圧に優れた本発明の発光装置は極めて有用である。

#### 【 0 1 5 2 】

電気器具の例としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、カーナビゲーション、プロジェクタ、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等）などが挙げられる。それらの一例を図 1 0、図 1 1 に示す。

#### 【 0 1 5 3 】

図 1 0（A）はパーソナルコンピュータであり、本体 1 0 0 1、画像入力部 1 0 0 2、表示部 1 0 0 3、キーボード 1 0 0 4 等を含む。

#### 【 0 1 5 4 】

図 1 0（B）はビデオカメラであり、本体 1 1 0 1、表示部 1 1 0 2、音声入力



部 1 1 0 3、操作スイッチ 1 1 0 4、バッテリー 1 1 0 5、受像部 1 1 0 6 等を含む。

【 0 1 5 5 】

図 1 0 (C) はモバイルコンピュータ（モバイルコンピュータ）であり、本体 1 2 0 1、カメラ部 1 2 0 2、受像部 1 2 0 3、操作スイッチ 1 2 0 4、表示部 1 2 0 5 等を含む。

【 0 1 5 6 】

図 1 0 (D) はプログラムを記録した記録媒体（以下、記録媒体と呼ぶ）を用いるプレーヤーであり、本体 1 4 0 1、表示部 1 4 0 2、スピーカ部 1 4 0 3、記録媒体 1 4 0 4、操作スイッチ 1 4 0 5 等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体として DVD (Digital Versatile Disc)、CD 等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。

【 0 1 5 7 】

図 1 0 (E) はデジタルカメラであり、本体 1 5 0 1、表示部 1 5 0 2、接眼部 1 5 0 3、操作スイッチ 1 5 0 4、受像部（図示しない）等を含む。

【 0 1 5 8 】

図 1 1 (A) は携帯電話であり、本体 1 6 0 1、音声出力部 1 6 0 2、音声入力部 1 6 0 3、表示部 1 6 0 4、操作スイッチ 1 6 0 5、アンテナ 1 6 0 6、画像入力部（CCD、イメージセンサ等） 1 6 0 7 等を含む。

【 0 1 5 9 】

図 1 1 (B) は携帯書籍（電子書籍）であり、本体 1 7 0 1、表示部 1 7 0 2、1 7 0 3、記憶媒体 1 7 0 4、操作スイッチ 1 7 0 5、アンテナ 1 7 0 6 等を含む。

【 0 1 6 0 】

図 1 1 (C) はディスプレイであり、本体 1 8 0 1、支持台 1 8 0 2、表示部 1 8 0 3 等を含む。

【 0 1 6 1 】

なお、図 1 1 (C) に示すディスプレイは中小型または大型のもの、例えば 5 ～ 2 0 インチの画面サイズのものである。また、このようなサイズの表示部を形

成するためには、基板の一辺が 1 m のものを用い、多面取りを行って量産することが好ましい。

#### 【 0 1 6 2 】

以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電気器具に適用することが可能である。

#### 【 0 1 6 3 】

##### 【発明の効果】

以上で述べたような本発明を実施することにより、従来よりも膜厚の厚い E L 素子であって、なおかつアクセプタやドナーの添加を実施することなく低電圧で動作する E L 素子を提供することができる。すなわち、歩留まりがよい上に、素子寿命および駆動電圧にも優れた E L 素子を提供することができる。また、このような E L 素子を用いることにより、歩留まりが良好で、なおかつ長保ちする発光装置を提供することが可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の基本的構成を示す図。

【図 2】 本発明の基本的構成を示す図。

【図 3】 本発明の動作原理を説明する図。

【図 4】 本発明の動作原理を説明する図。

【図 5】 E L 素子および E L 素子を用いた発光装置の製造装置を示す図。

【図 6】 実施例 1 および比較例 1 のデータを示す図。

【図 7】 実施例 2 および比較例 2 のデータを示す図。

【図 8】 発光装置の上面図および断面図を示す図。

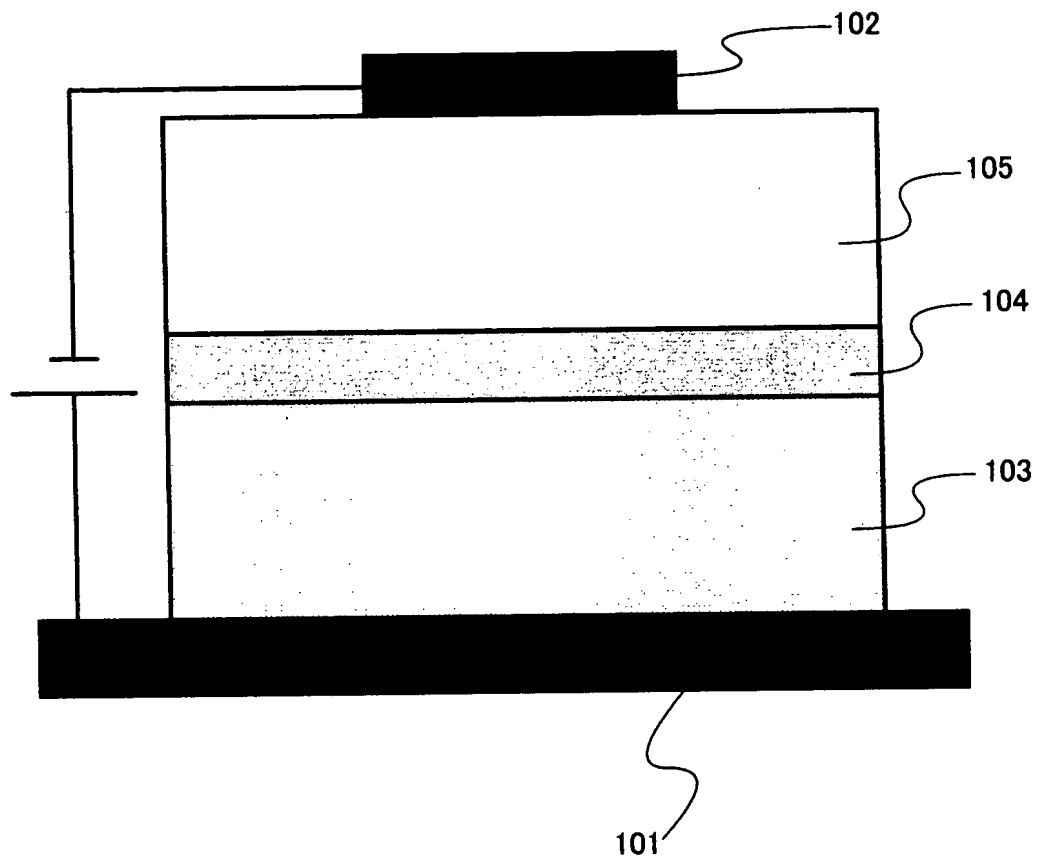
【図 9】 発光装置の上面図および断面図を示す図。

【図 1 0】 電気器具の具体例を示す図。

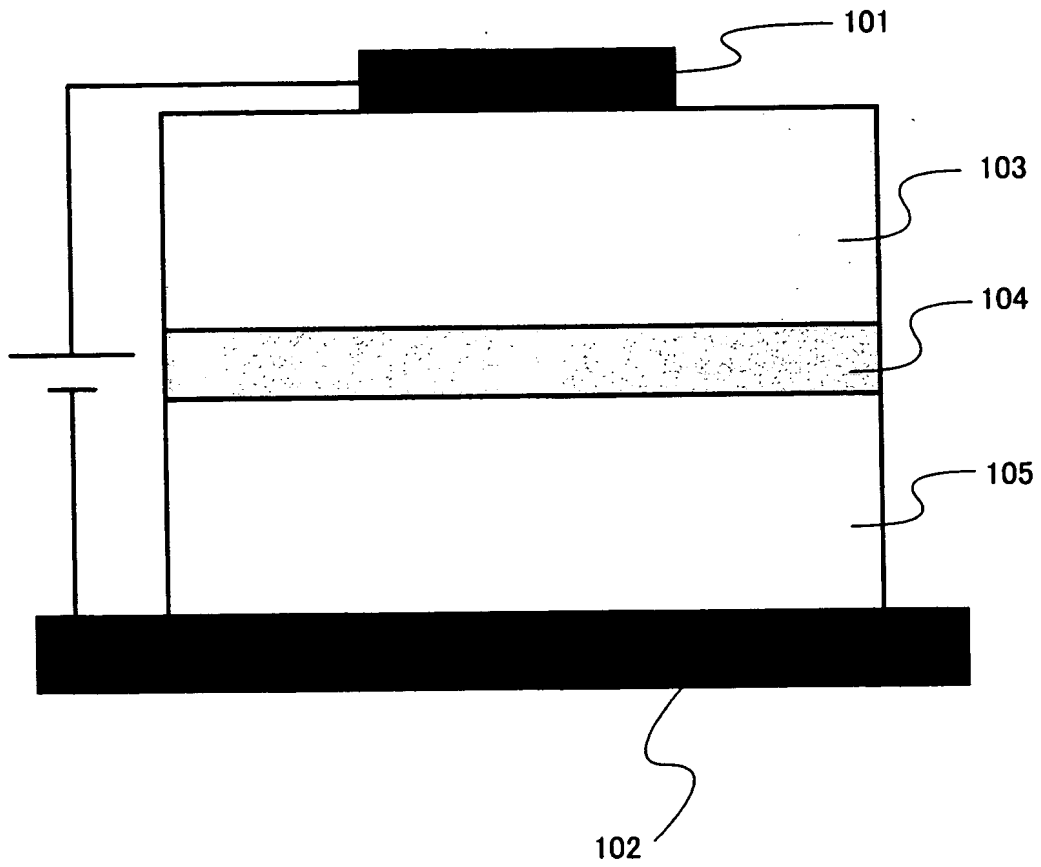
【図 1 1】 電気器具の具体例を示す図。

【書類名】 図面

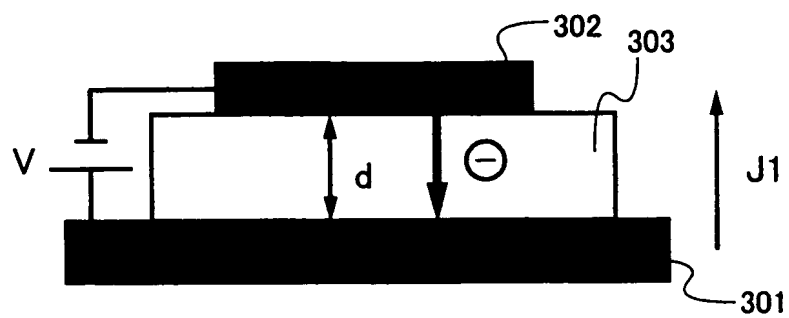
【図 1】



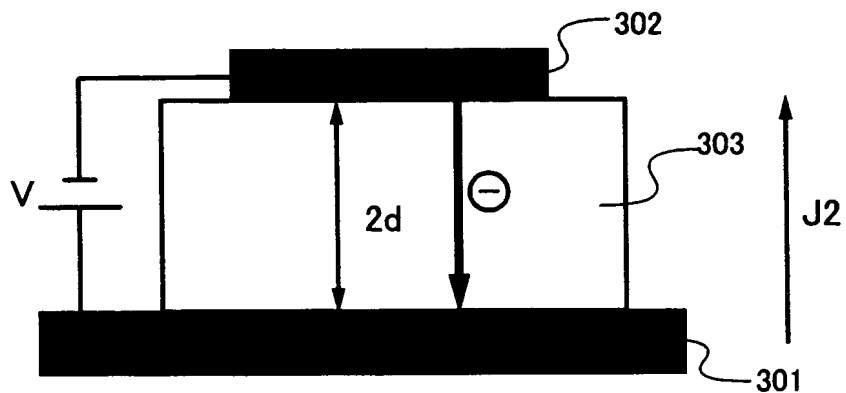
【図 2】



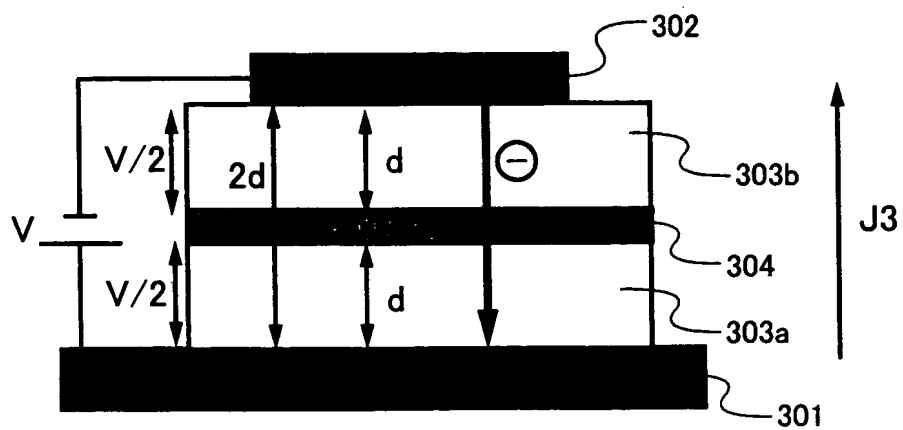
【図 3】



(a)

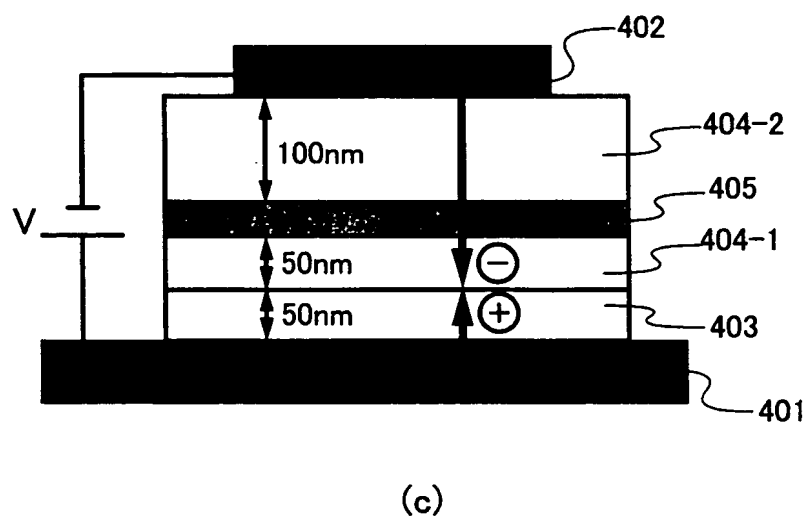
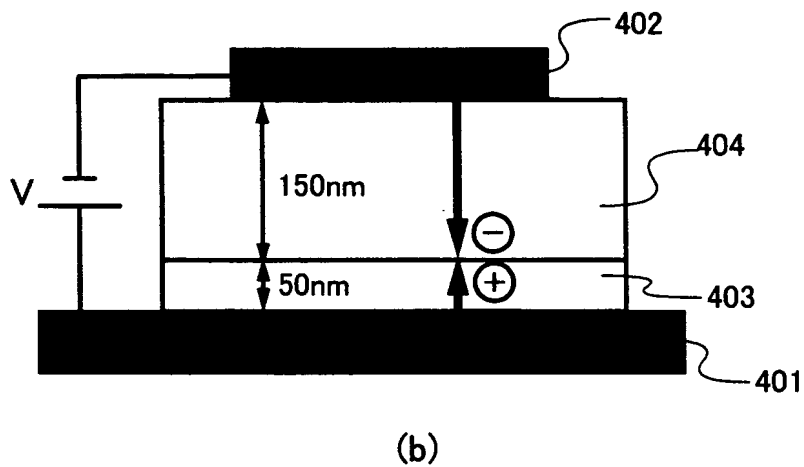
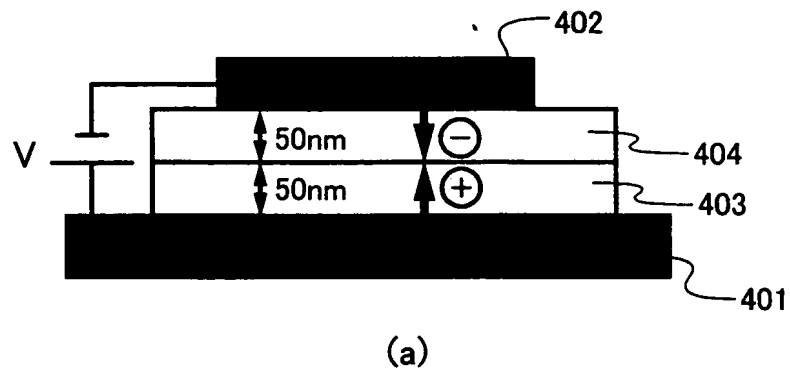


(b)

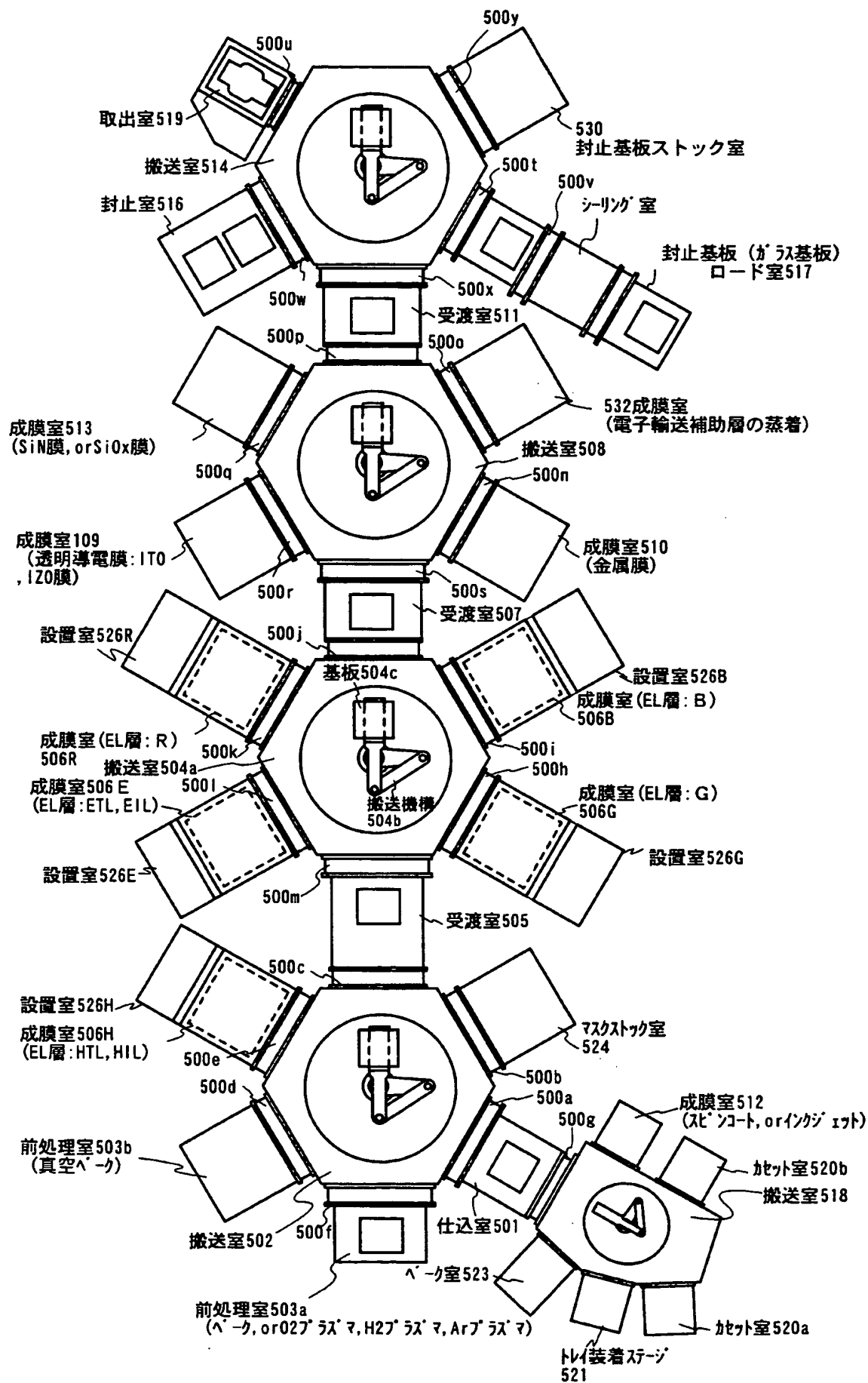


(c)

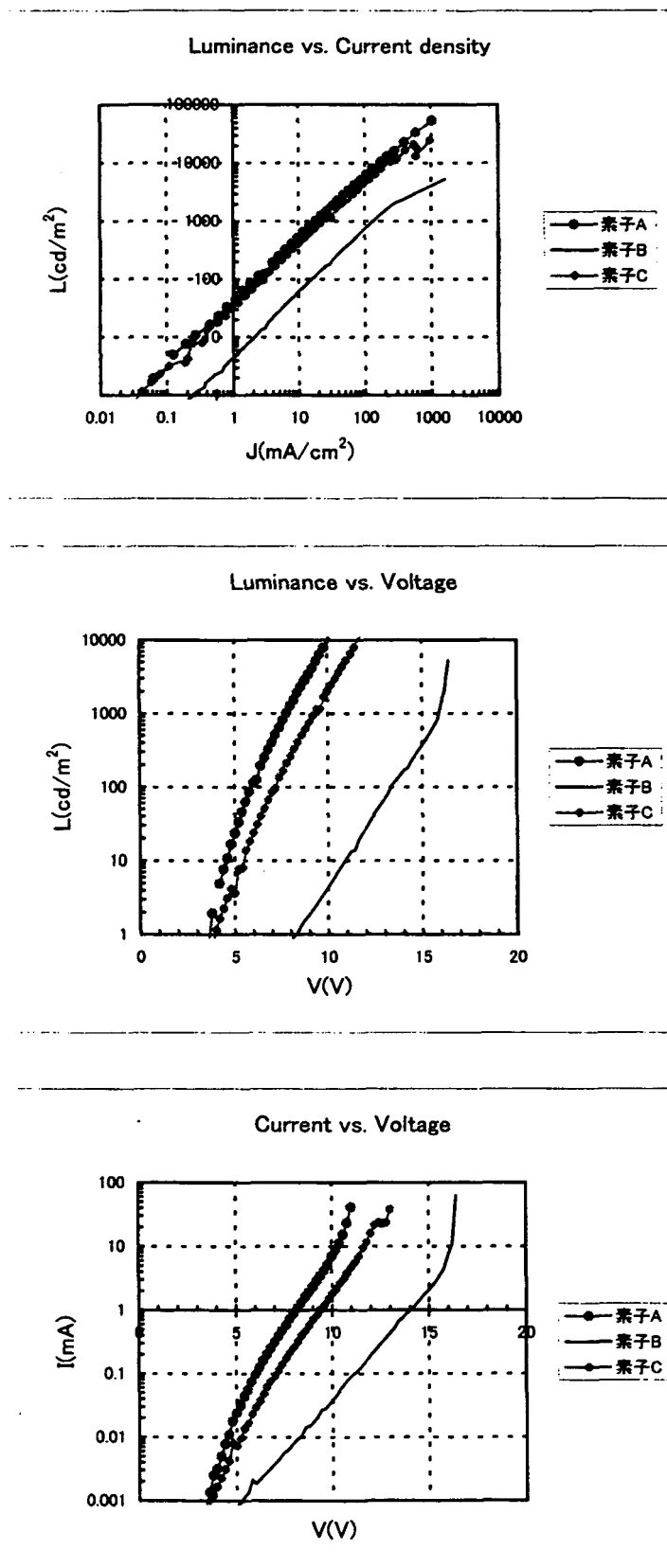
【図 4】



【図 5】

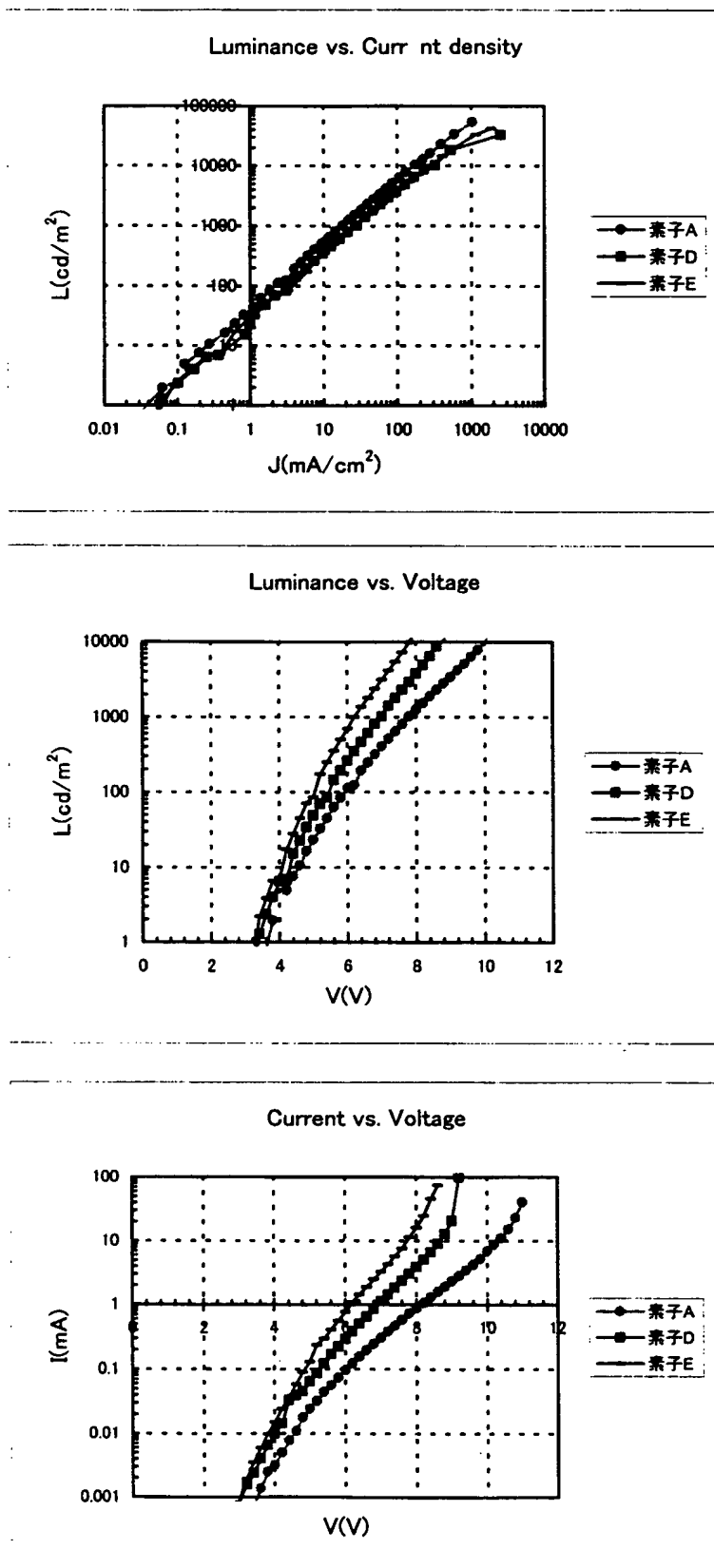


【図 6】

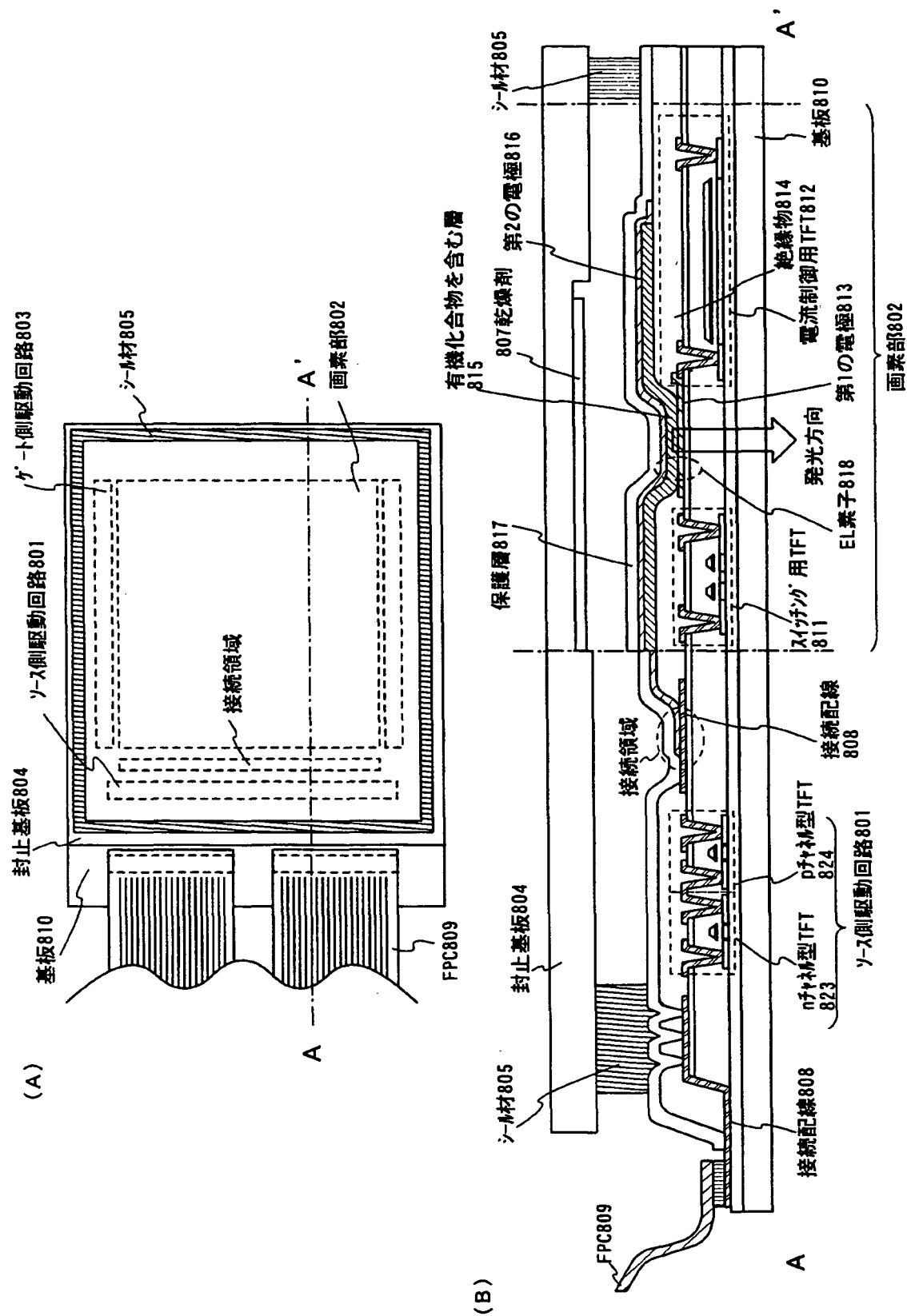




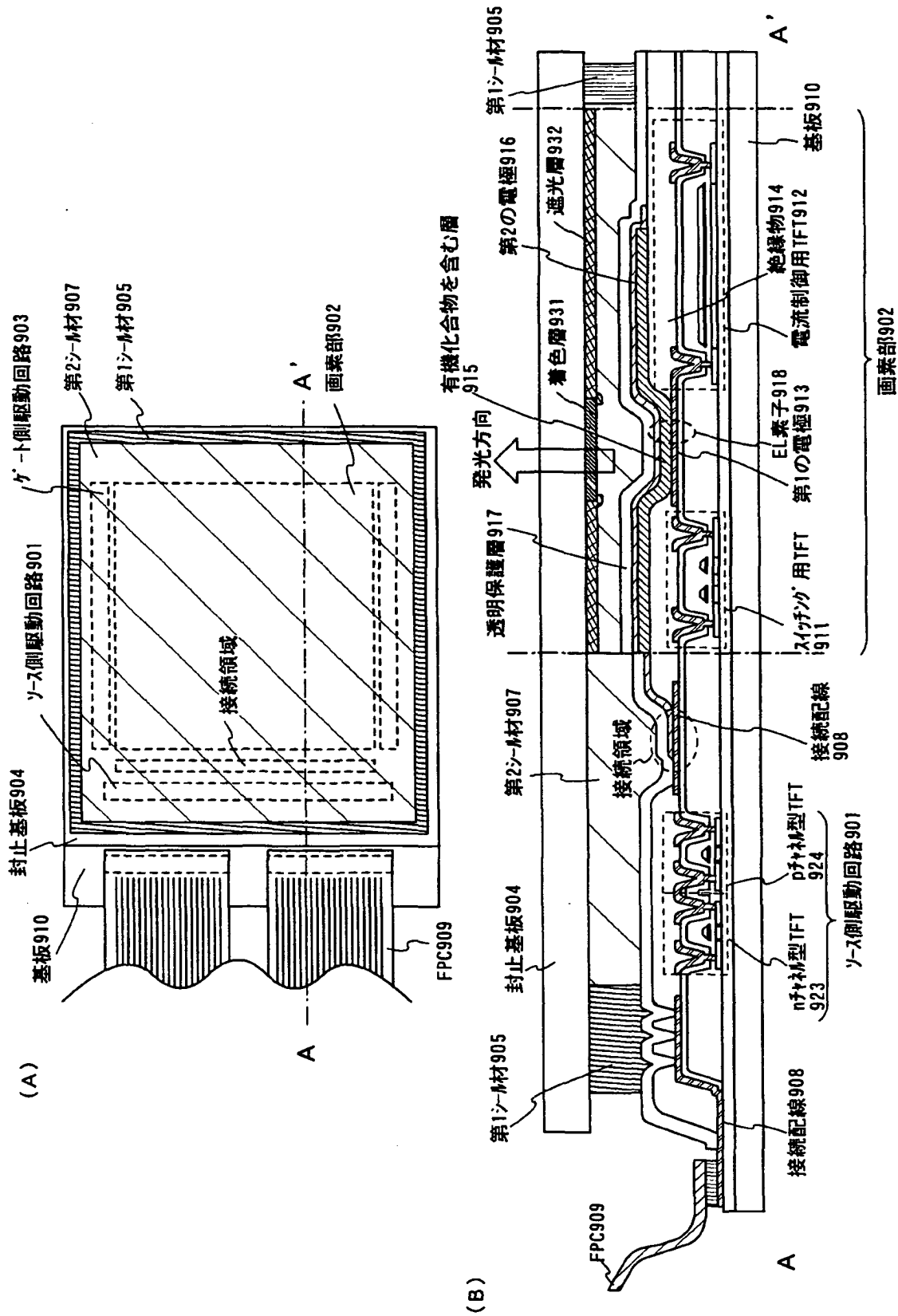
【図 7】



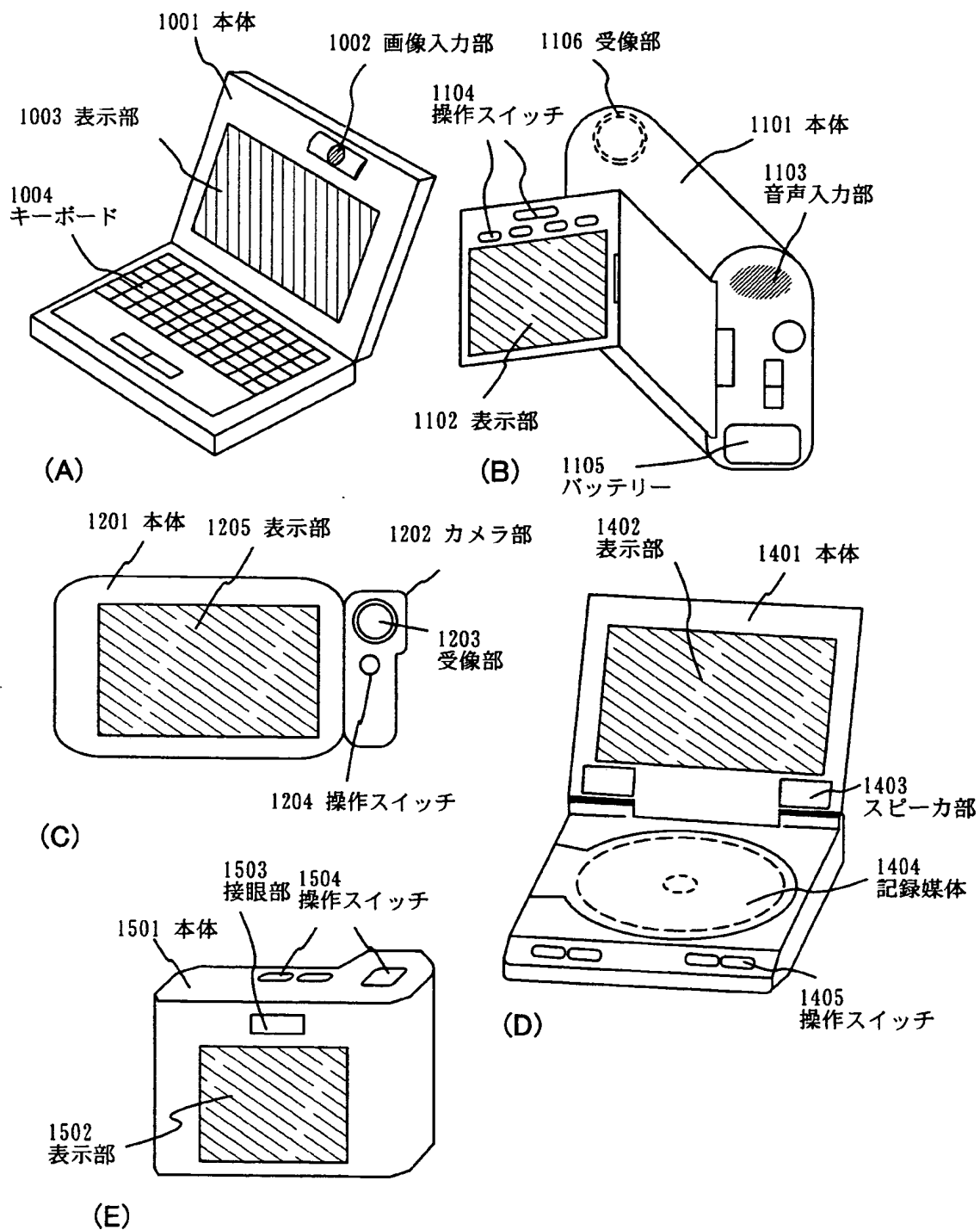
【图 8】



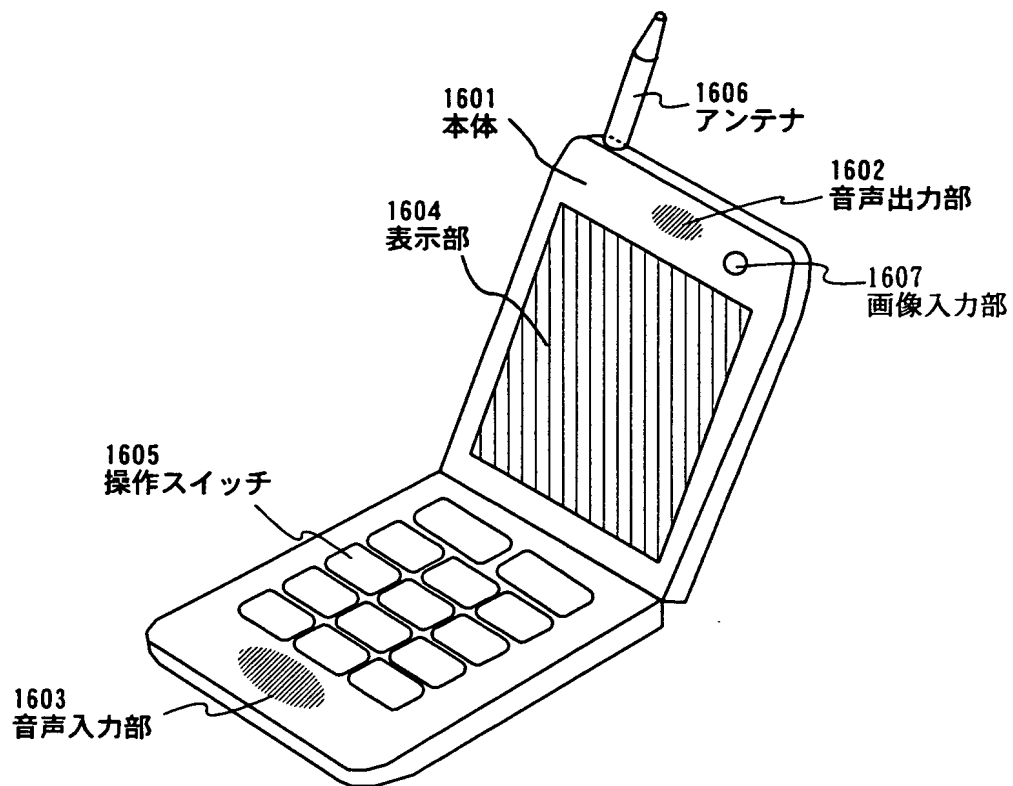
【図9】



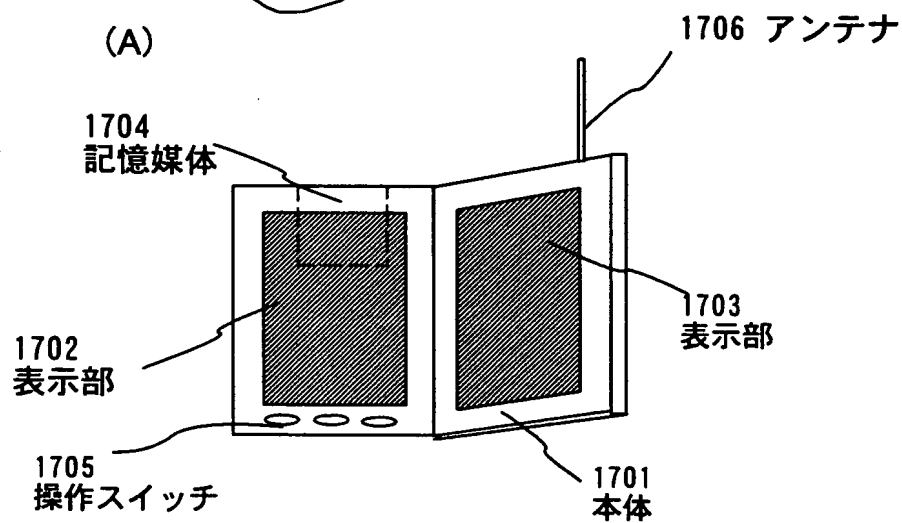
【図 1 0】



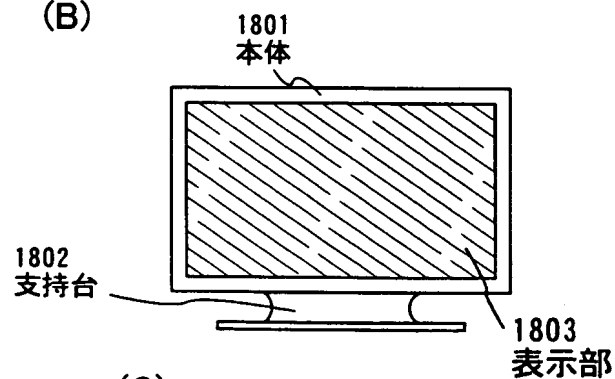
【図 1 1】



(A)



(B)



(C)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来よりも膜厚の厚いE L素子であって、なおかつアクセプタやドナーの添加を実施することなく低電圧で動作するE L素子を提供することを課題とする。

【解決手段】 陽極101上に、電界発光できる有機化合物を含む電界発光膜103と、フローティング電極104と、電子輸送補助層105と、陰極102と、を順次積層してなるE L素子を作製する。電界発光膜103は従来の膜厚程度（100nm程度のオーダー）であり、電子輸送補助層105も電界発光膜103と同程度の膜厚でよい。この時、電子輸送補助層にホールブロック性材料を導入することで、従来よりも低電圧化することができる。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日 1990年 8月17日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県厚木市長谷398番地

氏 名 株式会社半導体エネルギー研究所